

А. Н. Мазарович

ОСНОВЫ
РЕГИОНАЛЬНОЙ
ГЕОЛОГИИ
МАТЕРИКОВ

ЧАСТЬ
II

*Издательство
Московского Университета*
1 0 5 2

А. Н. МАЗАРОВИЧ

55-1/9: 55.41

ОСНОВЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ГЕОЛОГИИ МАТЕРИКОВ

ЧАСТЬ II

ЮЖНЫЕ МАТЕРИКИ, ОКЕАНЫ И ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ
РАЗВИТИЯ СТРУКТУРЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Допущено Министерством высшего образо-
вания СССР в качестве учебного пособия
для геологических специальных высших
учебных заведений

ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
1952



282

Ответственный редактор
профессор
О. К. ЛАНГЕ

СОДЕРЖАНИЕ

Часть четвертая

ЮЖНАЯ АМЕРИКА

I. Общие данные

- | | |
|---|---|
| 1. Рельеф и гидрография | 9 |
| 2. Основные геотектонические элементы и их характеристика | 9 |

II. Бразильская платформа

- | | |
|--|----|
| 1. Общие данные | 11 |
| 2. Стратиграфия докембрия | 11 |
| 3. Стратиграфия палеозоя | 13 |
| 4. Стратиграфия мезозоя и кайнозоя | 14 |
| 5. Тектоника | 16 |

III. Анды

- | | |
|------------------------------------|----|
| 1. Общие данные | 17 |
| 2. Стратиграфия палеозоя | 18 |
| 3. Стратиграфия мезозоя | 21 |
| 4. Стратиграфия кайнозоя | 24 |
| 5. Тектоника | 25 |

IV. Синтез Южной Америки

- | | |
|--|----|
| 1. Образование докембрийских платформ | 28 |
| 2. Каледонская складчатость | 28 |
| 3. Мезозойские движения и формирование Андского сооружения | 29 |
| 4. Движения альпийского цикла | 29 |

Часть пятая

АФРИКА И ИНДИЯ

I. Общие данные

- | | |
|--|----|
| 1. Рельеф и гидрография Африки | 33 |
| 2. Тектонические элементы Африки | 34 |
| 3. Общая характеристика Индии | 34 |

II. Сахарско-Аравийская плита

1. Общие данные	35
2. Стратиграфия докембрия и палеозоя	35
3. Стратиграфия мезозоя	37
4. Стратиграфия кайнозоя	39
5. Тектоника	40

III. Южно-Африканский щит

1. Общие данные	42
2. Стратиграфия докембрия	42
3. Капская система и система Карру	44
4. Стратиграфия мезозоя и кайнозоя	47
5. Тектоника	50

IV. Индийская платформа

1. Общие данные	54
2. Стратиграфия докембрия	54
3. Стратиграфия системы Гондвана	56
4. Стратиграфия мезозойских и кайнозойских образований	57
5. Тектоника	59

V. Проблема Гондваны

1. Материк Гондвана и доказательства его существования	60
2. Палеозойское формирование Гондваны	62
3. Мезозойская история и распад Гондваны	63
4. Кайнозойская история Африки и Индии	64

Часть шестая

АВСТРАЛИЯ И НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ

I. Общие данные

1. Рельеф и гидрография	67
2. Основные геотектонические элементы и их характеристика	67

II. Австралийская платформа

1. Общие данные	69
2. Стратиграфия докембрия	69
3. Стратиграфия палеозоя	70
4. Стратиграфия мезозоя и кайнозоя	71
5. Тектоника	72

III. Восточно-Австралийское складчатое сооружение

1. Общие данные	73
2. Стратиграфия	73
3. Тектоника	75

IV. Новая Зеландия

1. Стратиграфия	77
2. Тектоника	78

V. Синтез Австралии и Новой Зеландии

1. Образование Австралийской платформы	80
2. Образование палеозойской платформы	80
3. Образование мезозойской складчатой зоны и кайнозойское развитие Австралии и Новой Зеландии	80

Часть седьмая

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ ЮЖНЫХ МАТЕРИКОВ

I. Южная Америка	85
II. Африка	86
III. Индия	87
IV. Австралия	87

Часть восьмая

ОКЕАНЫ

I. Общие данные

1. Рельеф дна океанов и их границы	91
2. Основные представления о геологическом характере океанического дна	92
3. Методика исследования структуры океанического дна	94

II. Тихий океан

1. Общие данные	96
2. Представления о природе Тихого океана	97
3. Строение дна Тихого океана	98

III. Атлантический океан

1. Общие данные	101
2. Представление о природе дна Атлантического океана	103
3. Природа Атлантического океана	103
4. Синтез структуры Атлантического океана	107

IV. Северный Ледовитый океан

1. Общие данные	108
2. Природа Ледовитого океана	108

V. Индийский океан

1. Общие данные	110
2. Природа Индийского океана	110

VI. Основные выводы

1. Типы океанических впадин и их характеристика	112
2. Характеристика океанов-геосинклиналей	113

Часть девятая

ОБЩАЯ СТРУКТУРА ЗЕМНОГО ШАРА

I. Основные структурные элементы земной коры

1. Принципы выделения основных элементов структуры	117
2. Основные категории структур литосферы	119

II. Структуры и развитие земной коры

1. Каледонская складчатость и ее план строения	122
2. Герцинская складчатость и ее распространение	123
3. Мезозойские складчатые структуры и погружения	125
4. Альпийский орогенический цикл и современная структура	129

III. Основные закономерности в развитии земного шара

1. Основные теории развития земного лика	132
2. Основные закономерности развития структуры земной коры	134

ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ

ЮЖНАЯ АМЕРИКА

. ОБЩИЕ ДАННЫЕ

1. Рельеф и гидрография

Основной орографической особенностью материка Южной Америки является горная система Анд; на севере, в восточной Венецуэле, Анды вытянуты в широтном направлении; дальше, в Колумбии, они образуют огромную дугу, выпуклую к северо-западу. Отсюда горные хребты получают меридианальное простираение вплоть до границ Перу. В пределах Перу и в западной части Боливии система Анд достигает своей наибольшей ширины; между хребтами здесь обособляется высокое плоскогорье, аналогичное Большому бассейну Северной Америки, на котором располагается оз. Титикака—самое высокое озеро на земном шаре. От южного Перу хребты Анд идут меридианально, постепенно суживаясь, и с материка переходят на архипелаг Огненной Земли.

Самая высокая вершина Анд—Аконкагуа, достигает 7 000 м абс. высоты. Перуанские вулканы—Котопахи, Чимборасо и некоторые другие—поднимаются до 6 000 м высоты над уровнем океана. Остальное пространство Южной Америки представляет собой более или менее равнинную поверхность; на ней имеются невысокие возвышенности на Бразильском плоскогорье и на севере в пределах Венецуэлы.

Замечательную область Южной Америки представляет бассейн р. Амазонки; последняя под именем р. Мараньон начинается на хребтах Анд, течет сначала в северном направлении, а затем, резко повернув на восток и сливаясь с р. Укаяли, образует собственно Амазонку—одну из самых мощных рек в мире. Амазонка вливает в океан огромное количество воды, опресняя ею воды океана на обширном пространстве; во время половодья Амазонка разливается на сотни километров. В нее впадают огромные реки: слева—Рио-Негро, справа Мадейра, Тапахос и др. На севере Южной Америки течет огромная р. Ориноко, несущая, как и Амазонка, свои воды в Атлантический океан. Ориноко и Рио-Негро соединяются рекой Кассиквиари, создающей проход из бассейна Амазонки в бассейн Ориноко.

Южная часть Южной Америки дренируется реками Парана и Парагвай, которые, сливаясь, образуют обширный эстуарий Ла Плата.

2. Основные геотектонические элементы и их характеристика

Огромное пространство в Южной Америке занимает Б р а з и л ь с к а я платформа (табл. I); она охватывает всю Бразилию, Парагвай,

Уругвай, большую часть Боливии, северную часть Аргентины, Гвиану и южную часть Венесуэлы. Эта огромная платформа имеет докембрийский фундамент, на котором залегают мощные толщи континентальных отложений, морские же отложения распространены мало.

К югу от нее располагаются гондваны, занимающие пампасы к югу от Буэнос-Айреса, образующие невысокие хребты—Сьерра-Вентана и др. Гондваны представляют собой совершенно разрушенное Герцинское складчатое сооружение, перекрытое грандиозными лавовыми полями.

Еще южнее располагается Патагонская платформа, занимающая юг Аргентины, Фальклендские острова и архипелаги Новых Сандвичевых островов и Южной Георгии. Это обломок обширной платформы, составлявшей, повидимому, одно целое с Антарктидой.

На западе материка протягивается огромный пояс Андского складчатого сооружения. Последнее состоит из палеозойской складчатой зоны, перекрытой мощными мезозойскими складками, переработанными в альпийский цикл складчатости. Альпийские складки занимают узкую полосу побережья Тихого океана.

Изученность Южной Америки слабая; особенно много «белых пятен» в бассейне Амазонки. Хорошо изучена некоторая часть Анд вдоль побережья, центральные же части материка известны очень мало; геологические исследования производились главным образом американцами и немцами. Сводка геологии Южной Америки дана в книге Герта.

1. БРАЗИЛЬСКАЯ ПЛАТФОРМА

1. Общие данные

Бразильская платформа занимает три четверти Южно-Американского материка; с запада и севера она ограничивается складчатым поясом Анд, с юга—гондванскими складками. Восточное ограничение платформы нам неизвестно; неясно при этом, продолжается ли она на восток на соединение с Африкой, что весьма проблематично, или же она ограничивается с востока погруженной в настоящее время складчатой зоной, что более вероятно. Платформа, видимо, очень монолитна, однако в ней развиты все же области заметных погружений: одна из них имеет широтное простирание и занята течением р. Амазонки, а другая ориентирована почти меридианально от устья Параны к северо-северо-востоку.

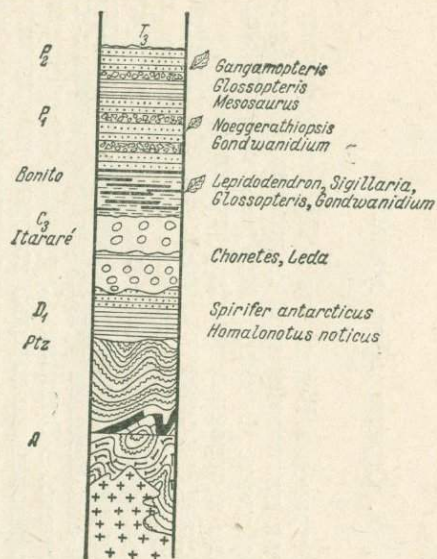
Бразильская платформа имеет докембрийский фундамент, покрытый континентальными отложениями, преимущественно верхнего палеозоя и отчасти мезозоя. Морские отложения силура, девона и карбона развиты в бассейне р. Амазонки. По восточному побережью материка распространены морские отложения триаса и верхнего мела (рис. 1).

2. Стратиграфия докембрия

Археозой распространен в Венесуэле и Гвиане, к югу от Амазонки, вдоль восточного края платформы и в северо-западной Аргентине. Его стратиграфия не разработана. Мы имеем здесь резко складчатые высокометаморфизованные породы и огромные массивы гранитов.

Протерозой представлен к северу от Рио-де-Жанейро в районе Минаес—Гераес сланцами с прослоями известняков. Здесь развиты кварцитово-магнетитовые железные руды, известные под именем итабиритов. Протерозойские породы, как и везде, лежат несогласно на складчатом археозое. Сходные образования с железными рудами распространены в южной Венесуэле к югу от р. Ориноко. В Бразилии, Уругвае и соседних областях развиты сильно метаморфизованные породы, которые, по видимому, далеко не все относятся к протерозою; многие из них могут оказаться и значительно моложе. Поэтому вопрос о времени формирования Бразильской складчатой зоны не может быть окончательно решен; возможно, что значительные ее участки подверглись консолидации в результате не докембрийского, а каледонского орогенеза.

Докембрий и палеозой Бразильской платформы
(бассейн Гараны)



Мезозой южной Бразилии и кайнозой Патагонии

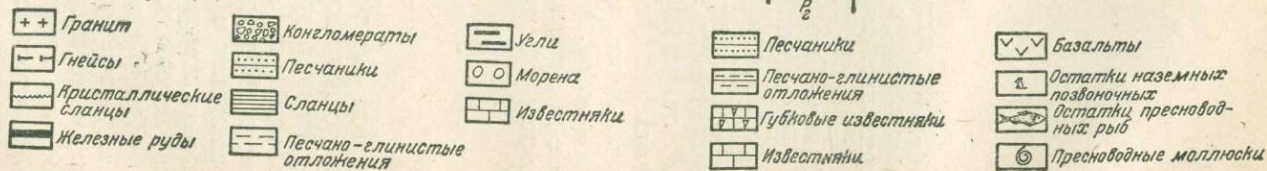
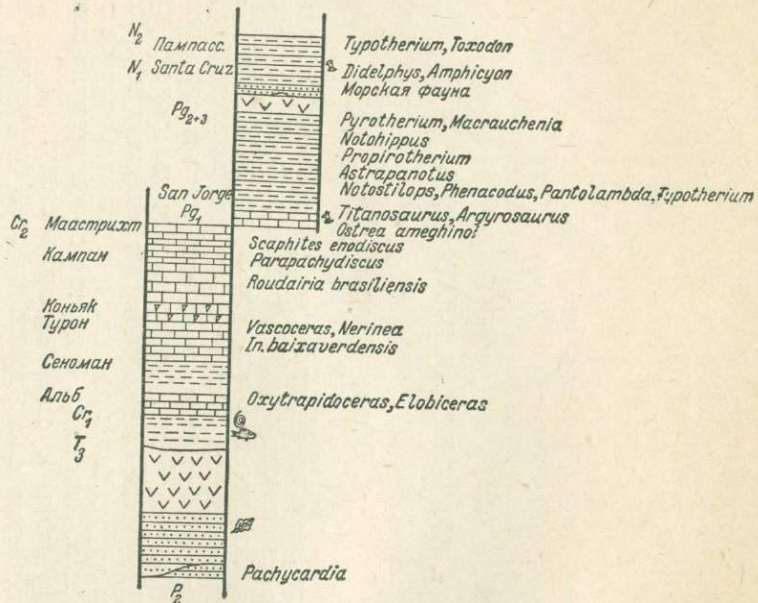


Рис. 1. Южная Америка. Бразильская платформа

3. Стратиграфия палеозоя

Кембрий, главным образом верхний, известен в краевых частях платформ в Боливии, где морской бассейн выходил за пределы Андской геосинклинали. Морские отложения кембрия указываются также в северной Аргентине.

Возможно, что к кембрию относятся древнейшие отложения Амазонской синеклизы. Большую проблему представляет вопрос о возрасте метаморфических пород, протягивающихся от нижнего течения Параны к устью Амазонки и составляющих зону «бразилид». Отсутствие фауны не позволяет точно определить возраст этих образований, но отнесение всех их к протерозою тоже вряд ли правильно. По последней сводке Уикса (Weeks), метаморфические породы этой полосы следует относить к кембрию и нижнему силуру. В таком случае здесь имела место интенсивная каледонская складчатость, спаявшая массив центральной Бразилии с массивом Рио-де-Жанейро. Покамест, однако, следует считать вопрос о возрасте бразилид открытым.

Силур. Нижний силур имеет на Бразильской платформе примерно то же распространение, что и кембрий. Точно так же мы имеем трансгрессию вдоль западного и южного края платформы, как и в кембрии. Граптолитовые сланцы середины ордовика обнаружены в 1942 г. на северо-востоке Перу, чем отмечается начало прогибания Амазонской синеклизы. Возможно, что некоторые метаморфические породы платформы могут быть отнесены не только к кембрию, но и к ордовику.

В бассейне р. Амазонки развиты известняки и песчаники л л а н д о в е р с к о г о яруса верхнего силура с *Orthoceras* и *Monograptus*, причем фауна этих слоев очень близка к соответствующей фауне Северной Америки.

В центральной Бразилии развиты отложения, которые относятся условно к верхнему силуру на основании слабо изученной и бедной фауны. Отложения эти по своему строению отчасти напоминают флиш. К верхнему силуру относятся, по видимому, отложения района Матто-Грассо (к востоку от боливийско-бразильской границы). Наиболее распространены в Южной Америке самые высокие горизонты—г о т л а н д и я, тогда как к его началу и середине почти всюду замечается освобождение от морского покрытия обширных территорий, что должно объясняться влиянием таконской складчатости Анд.

Девон. Девон начинается в Амазонской синеклизе песчаниками нижнего девона с местной фауной; они кроются песчаниками с р е д н е г о д е в о н а, но с фауной гамльтонского типа (*Tropidoleptus carinatus*).

В е р х н и й д е в о н выражен песчаниками с растениями.

В бассейне Параны очень широко развиты сланцы нижнего девона со *Spirifer antarcticus*, *Homalonotus noticus* и *Spirifer iheringi*. Эта своеобразная фауна имеет чисто южноамериканский характер. Средний и верхний девон в бассейне Параны отсутствуют. Развитие девона на Бразильской платформе сильно отличается от того, что имеет место на других материках. Наибольшее распространение моря здесь приурочено к н и ж н е м у д е в о н у, со среднего же девона начинается регрессия, достигающая максимума в верхнем девоне. Иначе говоря, в Южной Америке цепь событий в девоне имеет обратный характер тому, что мы видели до сих пор; в самом деле, в Азии, Европе и отчасти в Северной Америке трансгрессия начинается в среднем девоне и достигает максимума в верхнедевонское время. Эта южноамериканская особенность зависит от того, что каледонская складчатость в Андах имела место в таконскую фазу, что и вызвало

регрессию в верхнем силуре; с нижнего же девона здесь начинается новая трансгрессия.

Карбон. Отложения нижнего карбона на Бразильской платформе неизвестны.

В нижнем течении Амазонки распространены известняки верхнего карбона с *Productus cora*, *Pr. boliviensis*, *Spirifer cameratus*.

Южнее—в Парагвае и Уругвае—развиты континентальные красные и серые песчаники, заключающие каменноугольные папоротники. В штате Сан-Паоло (южная Бразилия) развиты морены Итараре (Itararé), залегающие непосредственно на метаморфических породах и гранитах, отполированных до зеркального блеска; морена включает валуны с великолепно развитой ледниковой штриховкой. Отмечается наличие двух горизонтов морен, так как между ними залегают слои с фауной мелкого моря. Таким образом, льды наступали два раза, в промежутке же была небольшая морская трансгрессия, связанная, очевидно, с повышением уровня моря, благодаря таянию ледникового покрова. Движение льдов происходило, повидимому, с юго-востока на северо-запад.

Вопрос о возрасте ледниковых отложений южного полушария дебатировался очень долго, причем большинство западноевропейских и американских геологов склонялись к мысли о пермском возрасте оледенения. Впервые каменноугольный возраст его был установлен в 90-х гг. прошлого столетия Чернышевым. Оледенение охватывало обширное пространство, занимающая весь бассейн Параны; повидимому, льды распространялись также и на Патагонию.

Пермь. Над моренами залегают свита Бонито, представленная угленосными толщами со смешанной флорой—тропической лепидодендровой и умеренно холодной—глоссоптериевой. Очевидно, в нижней перми имело место значительное улучшение климата, сделавшегося теплым и влажным, что способствовало углеобразованию.

Кроме того, на Бразильской платформе встречаются континентальные отложения, заключающие, кроме флоры, также и остатки пресмыкающихся, близких к тем, которые были найдены на Северной Двине и в Южной Африке (P_2).

К верхней перми относятся отложения внутреннего пресноводного бассейна, залегающие местами резко несогласно на более древних континентальных отложениях верхнего палеозоя. В них встречаются на широких пространствах битуминозные глины. В южной Бразилии и северной Аргентине распространены исштрихованные и отполированные валуны, что дает нам представление о наличии второго оледенения, приуроченного к верхнепермскому времени.

4. Стратиграфия мезозоя и кайнозоя

Триас. Отмечается, что в южной части Бразильской платформы имеются мелководные отложения залива, связанного, очевидно, с каким-то морским бассейном, существовавшим к востоку от этого района. Возраст этих отложений принимался за нижнетриасовый; последние работы показывают на основании переопределения фауны, что эти образования должны быть отнесены к перми. Все остальные триасовые отложения Бразильской платформы имеют континентальное происхождение. Здесь развиты песчаники с *Glossopteris* и *Taeniopteris*; кроме того, здесь встречаются остатки пресмыкающихся, что дает возможность отнести эти породы к верхнему триасу. Они покрываются колоссальным покровом траппов, главным образом мелафиров. Излияния занимают бассейн Параны и на

юге доходят до Ла Платы и занимают северную Аргентину. Область, покрытая лавами, имеет в длину около 2 000 км, а в ширину 1 000 км (рис. 2). Это самое крупное «лавовое поле» на земном шаре. Причину излияния основных лав следует видеть в появлении в верхнем триасе системы меридианальных расколов, параллельных современному берегу Атлантического океана и, вероятно, генетически с ним связанных. Иными словами, эти расколы связаны с началом образования южной части Атлантического океана.

Трапповое поле включает по своей периферии эффузивы щелочной и ультраосновной магмы; здесь распространены нефелин-аплиты, мончикиты, лимбургиты.

В Венецуэле и Гвиане проходит огромный обрыв в 600 м высотой, сложенный песчаниками Рораима, к которым приурочены покровы основных лав; их считают также верхнетриасовыми.

Юрские отложения на Бразильской платформе отсутствуют.

На всем пространстве Бразильской платформы в течение юры была эпоха денудации.

Меловые отложения приурочены только к самым берегам Атлантического океана. У залива Багиа развиты отложения, принадлежащие доальбскому времени, скорее всего аптскому. Эти отложения залегают во впадинах докембрийского фундамента. Это отложения озер, лагун и эстуариев рек, впадавших в расположенное на востоке море. В этих отложениях найдены остатки рыб, моллюсков и пресмыкающихся.

С альба начинаются морские отложения, указывающие на то, что в это время сформировалась южная часть Атлантического океана. Фауна альба окрестностей Багии представлена специфическими южноатлантическими формами—*Oxytropidoceras*, *Elobiceras* и космополитической—*Puzosia*; фауна эта резко отличается от альбской фауны Европы.

В сеномане море отступает и на его месте снова развиты отложения озер и эстуариев.

В туроне море снова возвращается и откладывает известняки, заключающие местные формы иноцерамов и оригинальный уклоняющийся аммонит *Vascoceras*. В коньяке и кампане развиты также известняки с *Roudairia*, широко распространенной в Африке. Известняки маастрихта заключают весьма своеобразных южных аммонитов *Sphenodiscus* и *Parapachydiscus*.

Присутствие верхнемеловых морских отложений на восточном берегу Бразилии показывает наличие морского бассейна, к востоку от него иногда несколько распространяющегося на краевую часть платформы. Бассейн этот на востоке достигал Африки, на что указывает общность фауны этой последней и берегов Бразилии, и был открыт к югу, о чем говорит появление южных форм аммонитов.

В центральной Бразилии широко распространены пресноводные отложения, представленные обломочными породами, в которых развиты местами прослои известняков.

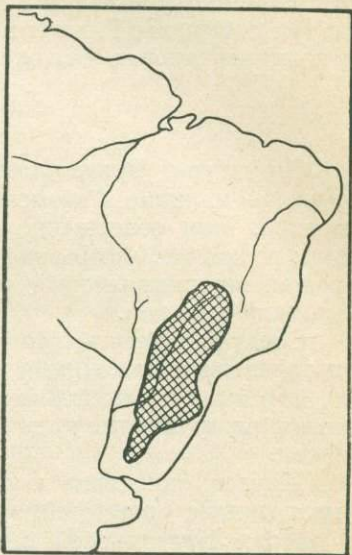


Рис. 2. Площадь распространения триасовых траппов Южной Америке

Палеоген на Бразильской платформе почти нацело отсутствует, и только у Багии на восточном берегу Бразилии развиты континентальные отложения эоцена.

Неоген выражен миоценовыми и отложениями берегов Ла Платы с *Ostrea patagonica*, *Pecten darwini* и *Turritella americana*.

Вдоль Амазонки развиты верхнемиоценовые континентальные отложения.

В плиоцене имела место небольшая трансгрессия в районе Ла Платы. Континентальные отложения этого возраста протягиваются широкой полосой от этого залива через северную Аргентину и Парагвай, центральную Боливию и занимают огромное пространство вдоль Амазонки. На побережье Гвианы и в соседней части Венесуэлы развиты морские и континентальные отложения плиоцена.

5. Тектоника

Структура Бразильской платформы очень мало известна. Можно отметить наличие Гвианского, Центрального и Восточно-Бразильского массива. Нам совершенно еще не ясен возраст Бразильской складчатой зоны; возможно, что мы здесь имеем дело с каледонидами. Вдоль этой зоны прошли верхнетриасовые расколы, вызвавшие появление колоссальных излияний траппов.

Следует отметить, что вдоль зоны бразилид располагается синеклиза, заполненная отложениями девона, перми, триаса, верхнего мела. Очевидно, это была очень подвижная часть платформы, что было бы вполне понятно при признании каледонского возраста складчатого фундамента платформы.

Другая синеклиза протягивается вдоль Амазонки, долина которой унаследовала чрезвычайно древнее поперечное опускание платформы.

Края Бразильской платформы со стороны океана имеют сбросовое происхождение; возраст этих разломов, вероятно, различный — начиная с триаса. Вероятно, что оформление современных берегов создано благодаря разломам новейшего времени.

III. АНДЫ

1. Общие данные

282

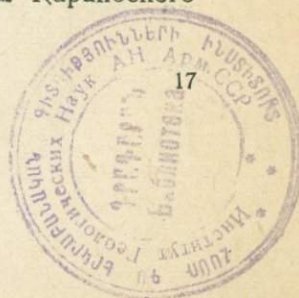
Андское складчатое сооружение представляет собой одно из крупнейших образований этого рода на земном шаре, протягиваясь по меридиану на несколько тысяч километров. Андские складки начинаются на о. Тринидад и на прилегающем берегу Венесуэлы и тянутся к западу; вступая на территорию Колумбии, андские складки из широтных делаются меридианальными. В этом направлении они переходят в Эквадор и далее в Перу, где они приобретают юго-восточное простирание, захватывая и западную часть Боливии. В районе 20° ю. ш. Анды снова приобретают меридианальное направление, проходя по границе Аргентины и Чили. На юге они переходят на Огненную Землю, изгибаясь при этом в юго-восточном направлении. Дальнейшим их продолжением являются складки Земли Грeзeма на Антарктиде и складки, тянущиеся от нее к юго-западу вдоль берегов Земли Александра I, — так называемые Антарктанды. Прежнее представление о связи Анд и Антарктанд резким изгибом через о. Н. Сандвичевы, Южную Георгию, Ново-Шетландские острова — так называемые «Южные Антиллы», в настоящее время отрицается, так как выяснилось, что эти острова принадлежат не складчатой зоне, а докембрийской платформе Патагонии. Эта последняя занимает юг Аргентины, Фальклендские острова и вышеперечисленные островные группы, составляя, очевидно, единое целое с платформой Антарктиды.

Патагонская платформа отделена от Бразильской складками гондванид.

Очень характерно для Анд то обстоятельство, что палеозойские складки протягиваются вдоль горной системы до 30° ю. ш., а затем поворачивают на юго-восток, образуя складки Сьерры-Вентаны и других невысоких хребтов пампасов; эти складки, известные под именем гондванид, обрезаются берегом Атлантического океана, и дальнейшее продолжение их неизвестно.

Мезозойская складчатая зона Анд, наоборот, южнее 30° ю. ш. не меняет своего меридианального простирания, уходя на Огненную Землю и в Антарктиду. Мезозойские структуры Андского сооружения сильно переработаны альпийскими движениями, создавшими его современный рельеф.

Альпийские складки могут быть отмечены по берегам Караибского моря и Тихого океана на узкой береговой полосе.



2. Стратиграфия палеозоя

Докембрий в Андах выходит очень редко и почти не исследован. Он слагает основание Патагонской платформы, выходя на поверхность южнее 40° ю. ш. Он известен также на Фальклендских островах и на южных островах; он же, видимо, слагает всю платформу Антарктиды.

Кембрий залегает в Андах несогласно на более древних породах, причем нижний кембрий совершенно отсутствует и трансгрессия начинается со среднего кембрия. Наибольшее распространение имеют, однако, отложения верхнего кембрия. Кембрийские отложения известны в Венесуэле и соседних частях Колумбии. Далее они протягиваются вдоль Анд по западной Боливии, достигая северной Аргентины.

Кембрий слагается преимущественно глинистыми сланцами и песчаниками с фауной, одинаковой с той, которая характеризует кембрий североамериканских Кордильер, относясь к одной и той же тихоокеанской зоогеографической провинции (рис. 3).

Силур в Андах почти исключительно выражен ордовичским отделом. Отложения этого возраста связаны с восточной полосой Анд—от центрального Перу до северной Аргентины. Ордовичские отложения известны в западной Венесуэле, в долине Магдалена в Колумбии, в южном Экуадоре.

Нижний силур сложен главным образом граптолитовыми сланцами; южнее развиты песчаные фации, а далее известняки. Складчатый ордовик несогласно перекрывается гораздо более поздними отложениями—карбоном, пермью, иногда даже непосредственно мезозоем. Все это свидетельствует о широком развитии каледонской складчатости, выраженной ее таконской фазой.

Верхний силур отсутствует в Андском геосинклинальном поясе вследствие мощных проявлений каледонской складчатости, и только по ее восточной периферии в Перу и Боливии имеются отложения граптолитовых сланцев, продолжающие серию этих пород ордовичского возраста. Местами развит полностью весь силур, переходящий без перерыва в девон.

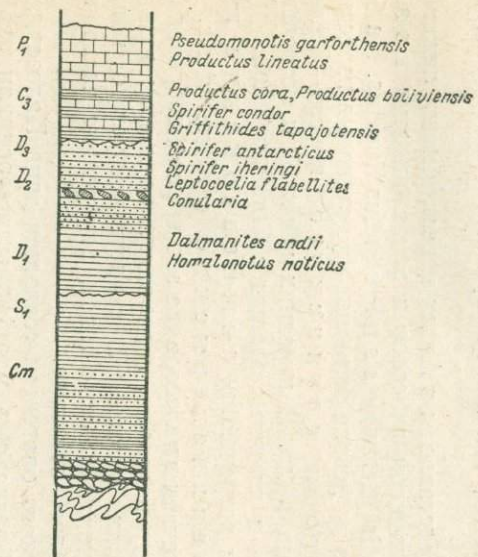
Девон построен в Андах довольно разнообразно: на севере Венесуэлы средний девон залегает на ордовичских слоях и включает трилобиты и кораллы, а также *Spirifer venezuelensis*. Фауна венесуэльского среднего девона очень близка к фауне североамериканской формации Оноидага. В Боливийских и Аргентинских Андах развит нижний девон с *Homalototus noticus* и *Dalmanites andii*—представителями южноамериканской зоогеографической провинции. Нижний девон заканчивается крайне характерным горизонтом сидеритовых конкреций с *Copularia* и трилобитами.

Средний девон в этом районе плохо развит; мы имеем здесь песчаники с гамилтонской фауной со *Spirifer antarcticus*, *Sp. iheringi* и другими южноамериканскими формами.

Верхний девон в Андах отсутствует совершенно. Мы отмечаем здесь то же явление, о котором мы уже говорили при описании Бразильской платформы, а именно, что для Южной Америки характерны регрессия в верхнем силуре, широкое распространение нижнего девона и регрессия, начиная со среднего девона.

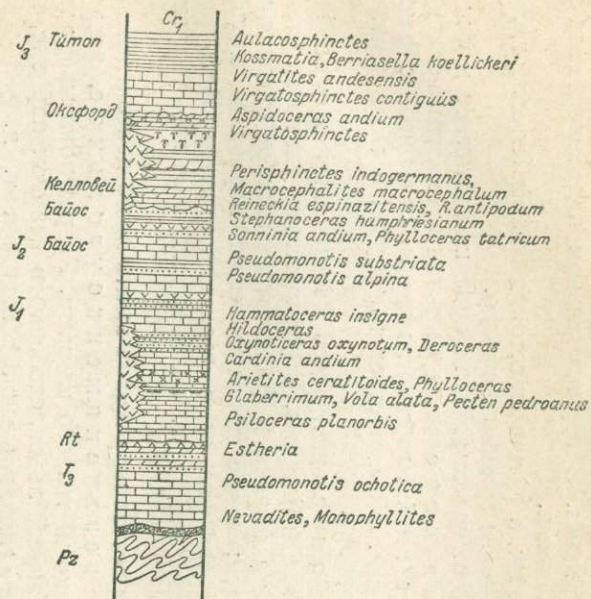
Карбон. Нижнекаменноугольные отложения встречены кое-где в Венесуэле и Аргентине. В это время поднятия, характеризовавшие собой верхний девон, продолжали иметь место. Повидимому, мы имеем

Палеозой Анд



- Конгломераты
- Песчаники
- Глинистые сланцы
- Известняки
- Конкреции сидерита

Триас и юра Анд



- Конгломераты
- Песчаники
- Глинистые сланцы
- Горючие сланцы
- Мерзели
- Известняки
- Коралловые известняки
- Гипс
- Вулканические туфы
- Кварцевые порфиры
- Порфириты

Рис. 3. Южная Америка. Анды

здесь дело с колебательными движениями ранних этапов герцинского цикла, свойственных южному полушарию. В Перу и Боливии нижний карбон выражен слоями с растениями.

В Венесуэле развиты красные и серые песчаники и сланцы в е р х н е г о карбона с *Productus cora*, *Pr. boliviensis*, *Pr. lineatus*, *Spirifer camegatus*. Представителем местной фауны является один из последних трилобитов—*Griffithides tapajotensis*. В горизонтальном направлении эти слои переходят в слои с растениями.

В Перу развиты сланцы, а также известняки со *Spirifer condor*, лежащие несогласно на складчатом нижнем палеозое.

В Аргентинских Андах на складчатом ордовике залегает н и ж н е к а м е н н о у г о л ь н а я м о р е н а, прикрытая глинистыми сланцами. Над последними залегает второй горизонт морены, связанный с флювиогляциальными отложениями. Это единственный случай в мире появления оледенения в нижнем карбоне.

С р е д н и й к а р б о н сложен здесь песчаниками с флорой теплого климата—*Pecopteris*, *Cardiopteris*. Выше залегают типичные ленточные глины; далее развита морена и флювиогляциальные отложения, а также сланцы с валунами; выше снова залегает морена и сланцы с валунами. Наконец, имеется еще один горизонт морены. Весь разрез венчается углистыми сланцами, т. е. отложениями области умеренного климата.

Таким образом, в Аргентинских Андах имели место два оледенения—одно н и ж н е -, а другое в е р х н е к а м е н н о у г о л ь н о е, разделенные продолжительной эпохой теплого климата. Разрез показывает также наличие повторных движений льдов, особенно в верхнем карбоне, появление озерных и флювиогляциальных отложений и т. д.

Оледенение верхнего карбона отмечено в Патагонии и на Фальклендских островах. В Антарктиде отмечены слои с *Glossopteris*; имелось ли там оледенение—нам неизвестно, так как Антарктида почти целиком покрыта материковым льдом.

Пермские отложения представлены в Андах известняками, лежащими несогласно на складчатом нижнем палеозое и заключающими к а з а н с к у ю форму *Pseudomonotis garforthensis* и *Productus lineatus*. На берегах оз. Титикака несогласно на девоне залегают фузулиновые известняки с фауной с а к м а р с к о г о и а р т и н с к о г о ярусом—*Schwagerina grincers*, *Pseudofusulina* и др. В передних цепях Анд встречаются красные и серые песчаники и углистые сланцы с *Gondwanidium*.

В пампасах Аргентины встречаются н и ж н е п е р м с к и е песчаники с *Gondwanidium* и в е р х н е п е р м с к и е с *Glossopteris*.

Таким образом, мы замечаем в палеозое две эпохи осадкообразования: одна приурочена к нижнему палеозою, а другая к верхнему; при этом характер нижнепалеозойских отложений свидетельствует о наличии периферической зоны геосинклинального пояса, внутренние части которого располагались, очевидно, западнее.

В результате каледонского орогенеза создается зона Палеоанд, протягивающаяся вдоль края Бразильской платформы, а геосинклиналь смещается, так же как это наблюдается и в Северной Америке в западном направлении.

Поднятия в зоне Палеоанд господствовали, начиная с верхнего силура до конца среднего карбона. В верхнем карбоне и перми имело место опускание, причем отлагались породы платформенного типа.

Герцинская складчатость проявила себя лишь вертикальными движениями; возможно, что она имела место западнее современного берега.

3. Стратиграфия мезозоя

Триас Анд плохо известен и слабо развит. Нижний и средний триас здесь отсутствуют, налицо лишь отложения верхнего триаса, сложенные известняками, местами битуминозными, и доломитами с кремнями, заключающими *Pseudomonotis ochotica*, *Nevadites* и *Mophrullites*. В Чили развиты конгломераты; в пампасах триас представлен континентальными отложениями с колоссальными покровами кварцевых порфиров, связанных с крупными гранитными интрузиями.

В предгорьях Анд развиты серые и красные песчаники, относящиеся к триасу и юре (нефтеносная формация).

Юра связана с триасом постепенным переходом, причем к этому времени относится образование Чилийского геосинклинального прогиба, отсутствовавшего ранее, благодаря чему мезозойские трансгрессии продвигаются все далее и далее в южном направлении.

В основании юры залегают континентальные толщи и покровы кварцевых порфиров. Трансгрессия лейаса постепенно продвигается к югу по мере разработки геосинклинального прогиба Чилийских Анд. Мезозой Анд характеризуется очень выдержанными фациями, протягивающимися с севера на юг. Это обычно серые песчаные сланцы с редкими прослоями известняков. Лейас включает фауну типично европейскую: можно указать на присутствие *Psiloceras*, различных *Argietites* совместно с некоторыми местными формами.

В среднем лейасе встречаются *Oxypoticeras* и *Hildoceras*. Очевидно, что в это время существовал берег, соединявший Африку и Южную Америку, вдоль которого происходила миграция фауны между Андами и Европой.

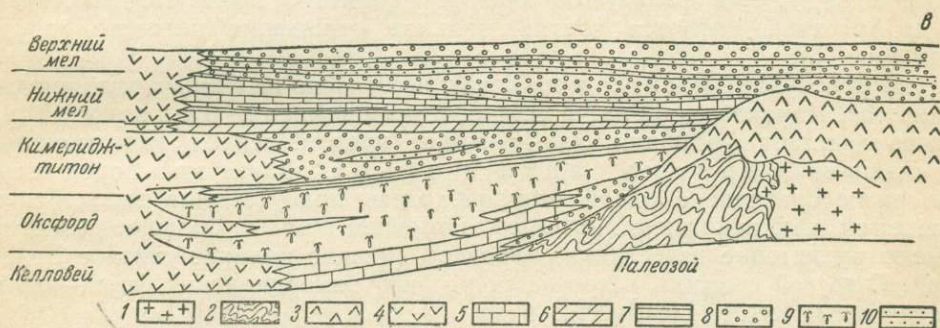


Рис. 4. Строение мезозойских отложений Анд (из Герта):

1—граниты, 2—метаморфические породы, 3—кварцевые порфиры, 4—порфириты, 5—известняки, 6—известняки и мергели, 7—сланцы, 8—конгломераты, 9—гипсы, 10—песчаники

В средней юре развиты главным образом известняки с *Nauroceras* и различными *Phylloceras*, например *Phylloceras taticum*.

Келловей характеризуется присутствием карбонатных пород и черных сланцев с *Macrosperhalites* и *Reineckia antipodum*. После отложения келловейских пород, но до оксфорда, лежащего на келловее резко несогласно, имела место чрезвычайно энергичная складчатость.

Оксфорд сложен мергелями и глинистыми сланцами, переходящими в горизонтальном направлении в колоссальную толщу гипсов. Видимо, это отложения огромной лагуны, создавшейся здесь в результате складчатости, причем все это имело место в обстановке очень сухого и жаркого климата (рис. 4).

Оксфорд прикрывается титоном, сложенным из известняков и глинистых сланцев. Бурхард, изучая в конце XIX века юру Анд, установил в титоне наличие представителей русской фауны *Vigratites*, *Craspedites*; появление их было совершенно непонятно, так как перебраться через тропические воды Тетиса они не могли. Оказалось, что развиты здесь не русские аммониты, а гималайские—*Virgatosphinctes*, *Aulacosphinctes* и *Cosmattia*. Очевидно, мы имеем здесь миграцию из южной части Тихого океана.

Бурхард установил также, что в Андах намечается появление все более и более грубого материала по мере движения к западу, откуда он вывел заключение о существовании тихоокеанского материка. На самом же деле, учитывая указанный Архангельским факт, что снос материала с платформы в геосинклинали минимальный, следует представить себе наличие каких-то внутренних поднятий, ныне глубоко опущенных, которые и являлись источниками сноса в восточном направлении.

В центральной зоне мезозойских Анд, расположенных к западу от каледонских Палеоанд, развита крайне мощная порфириновая формация. Это колоссальная толща основных лав, туфов и брекчий, представляющих здесь, с одной стороны, лейас, а с другой—оксфорд. Размыв вулканогенных формаций дал очень большое количество обломочного материала.

Фауна андской юры состоит из трех элементов: европейской фауны, мигрировавшей из Европы вдоль северного берега Гондваны, местной фауны и южно-тихоокеанской, появившейся в Андах в конце юры и продвинувшейся, очевидно, вдоль берега Антарктиды в ту эпоху, когда геосинклинальное прогибание Чили достигло ее побережья.

Меловые отложения Анд построены очень сложно. Они распространены в Венецуэле, в Эквадоре, в Перу и вдоль тихоокеанского побережья, т. е. к западу от юрских поднятий; кроме того, в Андах и в Аргентине имеются континентальные отложения мелового возраста (рис. 5).

В Венецуэле и южный мел лежит несогласно на складчатом нижнем палеозое. Начинается он песчаниками, относящимися к *валланжину*; выше залегает формация Эль-Кангиль, представленная известняками и сланцами *баррема*, *апта* и *альба*. Фауна этих пород весьма разнообразная: с одной стороны, здесь присутствуют европейские элементы, как, например, *Mortoniceras inflatum* в альбе; большое развитие имеют рудистовые известняки, характеризующие наличие связи с Европой. С другой стороны, встречается ряд южноамериканских форм—альбские *Venezoliceras*, *Licellyceras* и др.

Верхний мел Венецуэлы представлен темными известняками и иноцерамами европейского типа; в *сантоне* имеется примесь североамериканских форм. Присутствуют также и эндемичные элементы.

Южнее развитие меловых отложений сходное, но в верхнем мелу появляется африканская *Roudairia*.

В Перу наблюдается изменение этого типа развития меловых отложений. Мел здесь лежит уже не на палеозое, а непосредственно на титоне, причем переход от юры к мелу осуществляется постепенно. Нижний мел, кончая *аптом*, сложен лагунными и континентальными отложениями. Трансгрессия, как и на востоке, начинается с *альба*. В отложениях альба встречаются формы, имеющие средиземноморский характер, но с некоторыми местными видами и отдельными местными родами. К югу намечается приближение к береговой линии.

Мел Чили резко отличается от описанного. В нижнемеловых отложениях появляются формы гималайского и южно-тихоокеанского происхо-

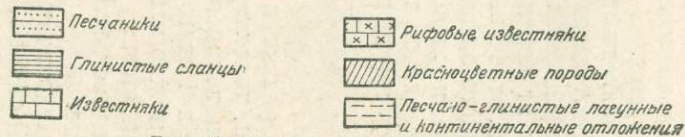
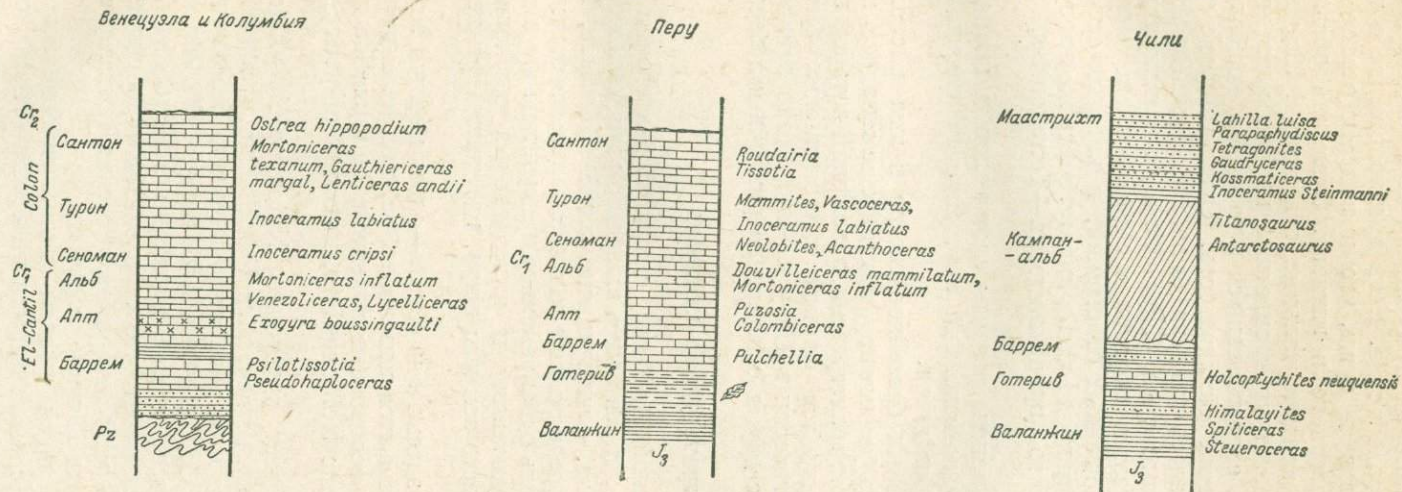


Рис. 5. Южная Америка. Анды

ждения—*Steuerocheras*, *Himalayites*, *Spiticeras*. Затем выше располагается ряд толщ, сложенных главным образом известняками с фауной, резко отличной от перуанской, в которой преобладают европейские элементы, тогда как в чилийской—тихоокеанские. Есть предположение о том, что между Перу и Чили существовала суша, что и вызвало резкое отличие двух меловых бассейнов—северного и южного. Суша эта обозначается появлением в нижнем мелу континентальных отложений. Южнее очень широкое распространение имеют красноцветные породы верхнего мела, лежащие на складчатой юре, образовавшиеся в то время, когда происходила интенсивная ларамийская складчатость. Очень широко развиты здесь покровы эффузивов; здесь найдена была также обширная фауна динозавров южноамериканского типа (*Titanosaurus*, *Antarctosaurus*).

На самом юге Чили имеется морской ма а с т р и х т, характеризующийся присутствием терригенных отложений, в которых встречается *Inoceramus steinmanni* и пеллеципода *Lahilla louisae*. Здесь же присутствует ряд аммонитов тихоокеанского происхождения—*Tetragonites*, *Kosmaticeras*, *Gaudryceras*.

В районе Магелланова пролива развиты слои меловых пород.

На юге Патагонии с нижнемеловыми отложениями связаны многочисленные нефтяные месторождения.

К западу от верхнемеловых бассейнов севера и юга располагается зона поднятий, отмеченная эффузиями порфиритов; еще западнее, на самом побережье Тихого океана была трансгрессия, отложения которой перекрывают складки и характеризуются фауной тихоокеанских аммонитов. Фауна тихоокеанской трансгрессии в Перу и Чили резко различна, так что мы и здесь имеем дело с двумя совершенно различными бассейнами.

4. Стратиграфия кайнозоя

Палеоген развит в Южной Америке слабо. В Патагонии имеется п а л е о ц е н, характеризующийся *Ostrea ameghinoi*; эти отложения продолжают слои верхнего мела, заключающие *Lahilla louisae*. Э о ц е н и о л и г о ц е н Патагонии представлены континентальными отложениями. В Патагонии можно наблюдать одновременное присутствие крупных динозавров (*Titanosaurus*, *Argyrosaurus*) и палеоценовых млекопитающих. Патагония—единственное место земного шара, где динозавры встречаются в палеоцене.

Фауна млекопитающих здесь очень богата—здесь имеется *Notostylops* из группы *Tillodontia*, встречаются неполнозубые, насекомоядные, а также северные *Condylarthra*, своеобразные копытные *Pantolambda* и *Tyrorthium*, относящиеся к группе *Notoungulata*, имевшей широкое развитие в Южной Америке.

Следующий горизонт дает типичных *Notoungulata*—*Astraponotus* и *Notohippus*. В самом верху встречаются *Pyrotherium* и *Macrauchenia*. Здесь отсутствуют такие широко распространенные в северном палеогене группы, как *Creodontia*, *Condylarthra*, *Artiodactyla*. Из *Perrissodactyla* развита *Litopterna*; нет здесь также и хищных. Подобный характер фауны млекопитающих показывает, что ее развитие шло своим особым путем без влияния фаун соседних материков, что свидетельствует о долговременной изоляции материка Южной Америки.

Неоген развит в виде узкой полосы вдоль тихоокеанского побережья. В Перу м и о ц е н сложен формацией Пайта (*Payta*), состоящей из конгломератов с *Ostrea aculeata*, *Pecten paytensis*, *Chione columbensis*; выше залегает формация Талара (*Talara*), состоящая из сланцеватых глин

с *Fusus inflatus*, *Natica elata*, *Cardium procurvatum*. Формация Зорритос (*Zorritos*) представлена песчаниками с *Pyrula rosata* и *Arca valdiviana* (рис. 6).

П л и о ц е н представлен формацией Хит (*Heath*), сложенной битуминозными сланцами с *Osterea latiareata* и *Dosinia lenticula*. Заканчивается плиоцен формацией Овибо (*Ovibo*)—сланцами и песчаниками с *Turritella tricarinata*.

В Патагонии широкое развитие имеют базальтовые покровы, имеющие палеогеновый и неогеновый возраст. Последние связаны с раздроблением и опусканием южной части Атлантического океана.

Миоценовые отложения характеризуются морской фауной; континентальные слои Санта-Круц заключают остатки сумчатых (*Didelphys*, *Tatusia*), а также форм североамериканского происхождения (*Proarctotherium Amphicyon*), что свидетельствует о появлении сухопутной связи с Северной Америкой. Пампаская формация заключает остатки *Tupotherium* и *Toxodon*.

Антропогенные отложения Аргентины представлены толщей лёссовидных пород, заключающих фауну млекопитающих. Вдоль всех Анд развиты грандиозные морены, свидетельствующие

об очень значительном оледенении горного хребта; льды спускались в тропические равнины и накапливали огромные массы валунного материала.

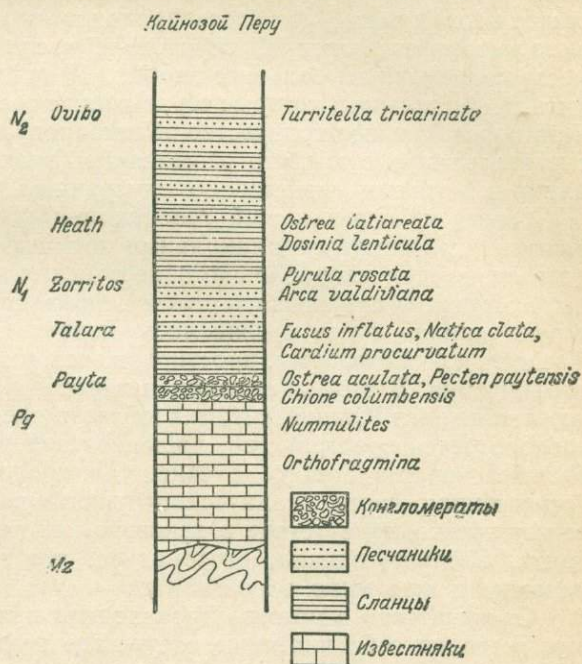


Рис. 6. Южная Америка. Анды

5. Тектоника

Вдоль всей восточной периферической полосы Андского складчатого сооружения проходит зона палеозойской складчатости. Это—Палеоанды, построенные каледонским орогенезом, имевшим место в середине силура. Иначе говоря, основная фаза каледонской складчатости в Андах была таконская, точно так же, как это имело место в Кордильерах Северной Америки. Повидимому, эти складки обходили Бразильскую платформу с севера, запада и юга, проходя под современными пампасами Аргентины. Нигде южнее 30° ю. ш. в зоне Анд нет палеозоя.

Герцинские движения в Андах, повидимому, имели колебательный характер, что явствует из регрессии между средним девоном и верхним карбоном и явлений перерыва между силуром и девоном, с одной стороны, и верхним карбоном и пермью—с другой. Наличие складчатого девона заставляет думать, что в зоне каледонского фундамента Анд герцинские движения создали лишь просто построенные складки на жестком основа-

нии и имели характер главным образом крупных вертикальных движений. Геосинклинальная зона, вероятно, располагалась к западу от Палеоанд и в настоящее время перекрыта либо мезозойскими складками, либо водами Тихого океана.

Мезозойская складчатость, в отличие от других областей ее развития, отличается простотой. Складки здесь развиты мало сжатые, лишенные каких-либо сложных форм. Надвиги сравнительно мало развиты, обращены они преимущественно в восточную сторону. Отсутствие метаморфических пород, редкость интрузивных тел и просто построенная складчатость заставляют думать, что здесь проходит периферическая зона Андского складчатого сооружения, внутренние части которого располагались на месте современных больших глубин. К этим внутренним частям относились те кордильеры, которые сбрасывали в восточную часть геосинклинального пояса большое количество обломочного материала. Состав последнего свидетельствует о том, что размывались различные изверженные породы, наличие которых свойственно внутренним зонам геосинклиналей.

Одной из особенностей геосинклинального развития Анд в мезозое является то, что геосинклинальный пояс на 30° ю. ш. не завернул к юго-востоку, следуя направлению палеозойских прогибов, а прошел прямо на юг, постепенно продвигаясь в этом направлении все дальше. Очевидно, что геосинклиналь здесь развивалась вверх докембрийского фундамента Патагонской платформы, простирившейся много западнее ее современного ограничения. В этом отношении интересно указание Чабба (L. I. Chubb), что к западу от Южной Америки (область океанического плато Альбатрос) располагается пространство, лишенное нефелиновых пород, свойственных большей части Тихого океана. Он предполагает, что здесь имеется погруженная часть сиалической литосферы, среди которой, вероятно, не исключено присутствие в некоторой ее части и докембрийского фундамента. Следует, однако, оговориться, что все эти соображения крайне условны и еще мало обоснованы.

Складчатость в мезозое происходила в юре и в мелу. Обращает прежде всего на себя внимание отсутствие верхнего лейаса, аалена и части байоса; это было первое проявление складчатости. Каких-либо складчатых проявлений, аналогичных индо-синийской или палисадской складчатости, в предюрское время в Андах не было.

Крупные складкообразовательные движения имели место между келловеем и оксфордом. Особенно энергично проявили себя ларамийские движения, начавшиеся примерно с турона и продолжавшиеся вплоть до конца мела. К этому времени приурочена весьма значительная регрессия верхнемелового моря в одних районах и накопление континентальных толщ в других. Последнее связано главным образом с крупными поднятиями южного Перу и северного Чили, разделивших прежде единую геосинклиналь на два различных бассейна с крайне несходной друг с другом фауной. Вероятно, это поднятие имело очень обширное распространение на западе, иначе у нас не было бы такого исключительно резкого различия в фауне.

Мезозойские складки тянутся в Венецуэле и Колумбии в широтном направлении; в Колумбии они поворачивают на юг и следуют в этом направлении до Магелланова пролива, подчиняясь направлению края Бразильской платформы. На юге складки делают выпуклую к востоку дугу и переходят в Антарктиду.

Уже говорилось, что складчатый пояс имеет, видимо, большую ширину и значительная часть его, несомненно, в настоящее время опущена. Иначе говоря, у западных берегов Южной Америки проходит современная геосинклиналь.

Ларамийские движения создали всю складчатую структуру Анд. Она была сильно переработана альпийскими движениями, вызвавшими поднятие и раздробление складчатого пояса. В его пределах в складки смяты новейшие неогеновые и четвертичные континентальные отложения. Слабой складчатости подверглись также и морские неогеновые отложения побережья.

Раздробление Анд сопровождается интенсивным современным вулканизмом (Котопахи, Чимборасо, Толима, Аконкагуа).

Южнее Бразильской платформы проходит полоса гондванских складок, отделяющих ее от Патагонской. Здесь, несомненно, проходит узкий каледонский пояс складок, перекрытый герцинскими. Последние создались здесь очень поздно—перед верхним триасом. Они обрываются берегом южной части Атлантического океана, и дальнейшее продолжение их неизвестно.

IV. СИНТЕЗ ЮЖНОЙ АМЕРИКИ

1. Образование докембрийских платформ

Бразильская и Патагонская платформы сформированы прежде всего археозойской складчатостью, создавшей несколько крупных и малых массивов. Эти последние были спаяны протерозойской (карельской) складчатостью в две платформы. Возможно, что зоной развития карельских складок является долина Амазонки, на базе их с кембрия начала формироваться обширная синеклиза.

Нерешенным является вопрос о происхождении Бразильской складчатой зоны, каледонский возраст которой является возможным. С этим тесно связан вопрос о соединении докембрийского фундамента Бразильской платформы и Африканской, как это обычно принимается всеми. Возникает проблема: не является ли южная часть Атлантического океана областью развития каледонских складок. Мне лично думается, что это вполне вероятно. Если это так, то массив Пернамбуко-Сан-Пауло имел характер срединного массива каледонского складчатого пояса. В связи с этим Бразильская платформа действительно соединилась с Африканской, но уже после каледонской складчатости. Иначе говоря, она представляет собой аналог северной платформы Эрии. Современные же очертания Бразильской платформы определяются мезозойскими и в особенности кайнозойскими опусканиями.

Второй областью развития докембрийских тектонических движений была Патагонская платформа, обломок когда-то обширной докембрийской массы, в состав которой входила Антарктида и какая-то часть плато Альбатрос в Тихом океане. В дальнейшем эта огромная платформа была разделена на две части, а значительные ее участки вошли в состав современных океанов.

2. Каледонская складчатость

Было уже сказано, что Бразильская складчатая зона, возможно, создана каледонскими движениями. Мы высказали также предположение, что они имели очень широкое распространение на всем пространстве между Южной Америкой и Африкой.

В середине силура создалось палеозойское Андское сооружение, западный край которого располагался далеко в Тихом океане. Повидимому, каледонская же складчатость в значительной степени консолидировала земную кору к западу и, вероятно, к востоку от Бразиль-

ской платформы; она же спаяла эту последнюю с Патагонской платформой, создав огромную платформу, которой обычно и присваивается имя Гондваны. Таким образом, каледонская складчатость сыграла огромную роль в Южной Америке.

3. Мезозойские движения и формирование Андского сооружения

Герцинские движения проявили себя в Южной Америке очень слабо; результатом их явились простые складки в породах, покрывающих жесткий каледонский фундамент, отчасти они выразились вертикальными движениями различной амплитуды, свойственными молодым, неустановившимся платформам. Наиболее резко герцинские складчатые движения проявили себя в пампасах к югу от Буэнос-Айреса, где они сопровождались гранитными интрузиями и огромными излияниями кварцевых порфиров.

Примерно одновременно с этим (верхний триас) произошли крупные разломы южной части Бразильской платформы, вызвавшие колоссальные излияния основной, щелочной и ультраосновной магмы. Повидимому, эти разломы были не одиноки—они, вероятно, были очень широко распространены в южной части Атлантического океана, что подготавливало раздробление Гондваны.

Начало юры характеризовалось мощным геосинклинальным погружением в поясе палеозойских Анд; несомненно, что оно не явилось новообразованием, но связано было, повидимому, с расширением существовавшей на западе геосинклинальной зоны. Особенностью этого процесса было образование геосинклинали по новому направлению, а именно через южную платформу с опусканием всего пространства к западу от меридиана Анд.

Складчатость в Андах началась в конце лейаса, проявила себя очень энергично между келловеем и оксфордом и, наконец, закончилась созданием складчатого сооружения в конце верхнего мела.

С середины мела намечается прогрессирующее опускание южной части Атлантического океана, благодаря чему море затрагивает восточный край Бразильской платформы и пересекает южную часть Патагонской. Опускания сопровождались разломами, которые были особенно значительны на рубеже мела и палеогена, когда в Аргентине изливались на обширном пространстве базальты.

В конце мела материк Южной Америки оформился в своих основных чертах, получив отличающую его треугольную форму.

4. Движения альпийского цикла

Сюда относятся опускания вдоль западного края Анд, создавшие поверх складчатого мезозойского основания мощную геосинклинальную зону, находящуюся и ныне в стадии усиленного погружения. В этой зоне и в настоящее время имеют место складкообразовательные процессы, что отражается мелкой складчатостью третичных отложений у подножия Анд.

Компенсацией этого мощного опускания является поднятие Анд, продолжающееся и в настоящее время. Оно сопровождается переработкой мезозойских структур, складчатостью новейших отложений и расколами, к ко-

торым приурочены гигантские вулканы Перу и Эквадора. Все это создало мощный молодой рельеф Анд.

На восточной окраине материка в кайнозойе произошли крупные опускания в Атлантическом океане, сопровождавшиеся сбросами, оконтуривавшими восточные берега Южной Америки. Обращает на себя внимание, что берег материка к югу от Ла Платы не имеет сбросового характера и представляет, видимо, результат его опускания, в связи с чем имеет место современная трансгрессия.

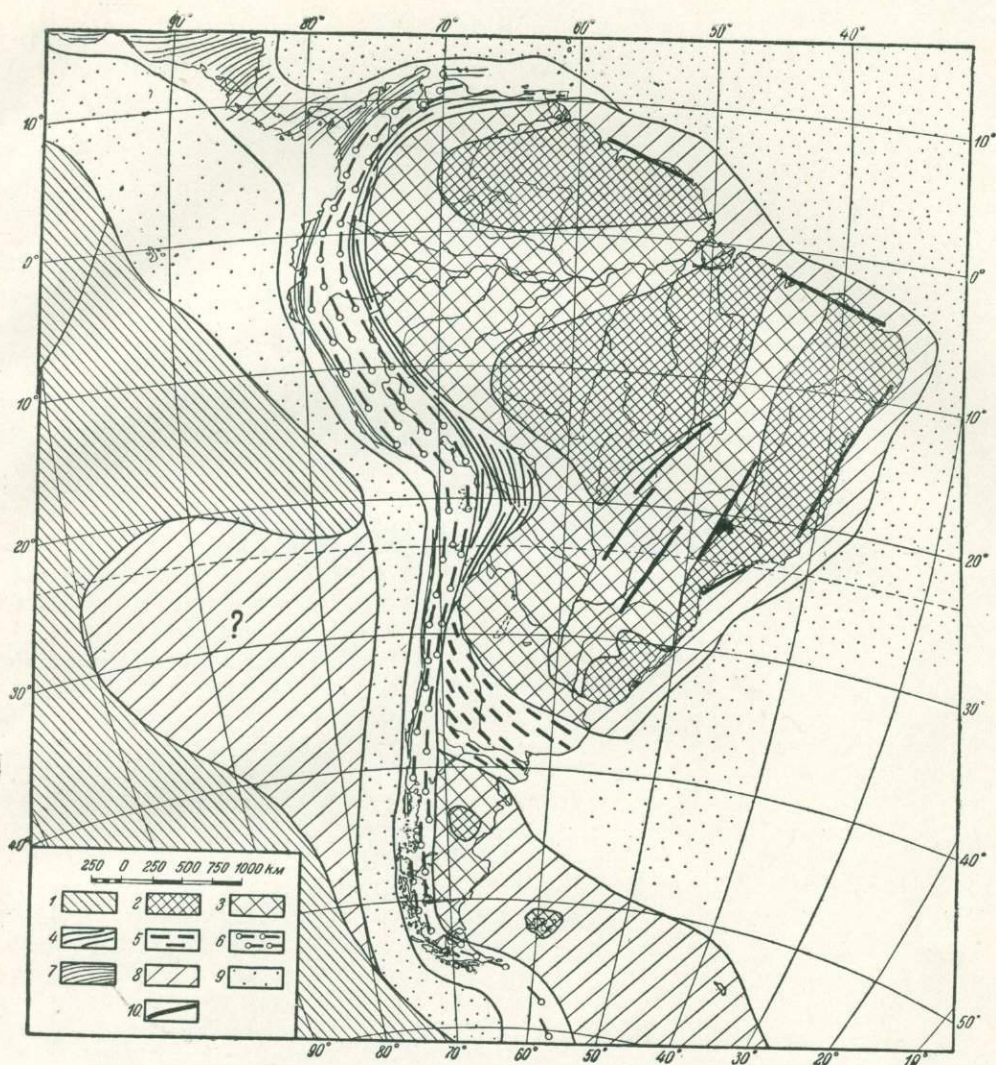


Таблица I. Тектоническая карта Южной Америки.

Условные знаки: 1—симпатическое основание дна Тихого океана, 2—докембрийский фундамент Бразильской платформы, выходящий на поверхность, 3—то же под покровом осадочных пород, 4—каледонские складки Палеоанд, 5—герциньские складки (гондваниды), 6—мезозойские складки Андской системы, 7—альпийские складки, 8—опущенные под уровень моря участки докембрийских платформ, 9—океанические бассейны геосинклинального типа, 10—основные разломы

ЧАСТЬ ПЯТАЯ

АФРИКА И ИНДИЯ

1. ОБЩИЕ ДАННЫЕ

1. Рельеф и гидрография Африки

В состав Африки мы будем включать весь материк, за исключением зоны Атласа, который мы рассматривали в составе Европы, так как его геологическое строение всецело связано с историей Средиземного моря и всего Альпийского складчатого пояса.

Кроме этого изменения географического понятия об Африке, мы включили в последнюю также и Аравийский полуостров, составляющий с Африканским материком единое целое и отделенный от него узким Красным морем. В наше описание войдет также и Индостанский полуостров, вернее вся Индия, за исключением Альпийско-Гималайского складчатого пояса.

Из островов в наше описание попадают Цейлон, Мадагаскар и мелкие острова Индийского океана—Чагос, Сейшельские, Маскаренские и др.

К югу от Атласа располагается огромное плато, занятое пустыней Сахара, представляющее собой высокое плоскогорье, в средней части которого расположены отдельные возвышенности—ряд столовых гор, поднимающихся местами до 2 000 м над уровнем моря.

Восточнее, у берега Средиземного моря, располагается Ливийская пустыня—равнина, покрытая сыпучими песками.

К югу пустынное плато сменяется более расчлененной и более высокой местностью, составляющей бассейны Конго, Замбези и в особенности Южную Африку, где имеются высокие горные хребты, а в центре располагается впадина, занятая пустыней Калахари.

На востоке материка располагается горная область Эфиопии, где находятся истоки Голубого Нила; это самая высокая область Африки.

Настоящих горных хребтов в Африке нет; в ней развиты плоскогорья, либо сильно пересеченные (бассейн Конго, Эфиопия), либо выравненные (Сахара).

Аравия представляет собой ровное плоскогорье, в юго-восточной части занятое пустыней.

Гидрография Африки очень своеобразна. Плато Сахары совсем лишено речной сети. Только на западе текут реки Сенегал и Гамбия, впадающие в Атлантический океан. Нигер начинается почти на берегу Атлантического океана, течет на север, образует огромную дугу и впадает в Гвинейский залив. К востоку от его бассейна расположена бессточная область, окружающая пересыхающее озеро Чад.

Южнее располагается колоссальная речная система Конго с притоками Убанга, Кассаи и рядом других рек; у самого устья располагаются

водопады и пороги вследствие наличия очень резкого уступа в рельефе, тянувшегося вдоль берега океана. В Южной Африке течет Оранжевая река, впадающая в Атлантический океан, с притоком Вааль.

В Мозамбикский пролив впадает огромная река Замбези с знаменитым водопадом Виктория и несколько южнее—р. Лимпопо.

Нил начинается маленькой речкой, впадающей в озеро Виктория, откуда он вытекает под именем Бахр-эль-Газаль, севернее же он известен под именем Белого Нила. У Хартума этот последний сливается с Голубым Нилом и течет в виде огромного речного потока, пересекающего Ливийскую пустыню и не имеющего никаких притоков.

В Аравии рек нет. Только на западе—в Палестине—расположено соленое Мертвое море, в которое впадает р. Иордан.

Следует еще сказать, что в восточной Африке имеется ряд очень крупных озер—Виктория, Альберт-Нианза, Рудольфа, а также крайне глубокие удлинённые озера Танганьика и Ньясса.

На экваторе у оз. Виктория расположены потухшие вулканы Килиманджаро и Кения, вершины которых достигают 5 000 м и покрыты вечными снегами.

2. Тектонические элементы Африки

Африка с Аравией (но без Алжира и Марокко, заполненных альпийскими складками) представляет единую платформу, захватывающую также и Мадагаскар. Платформа повсюду имеет докембрийский фундамент; указания на наличие каледонского основания не проверены. На самом юге материка имеется обломок какого-то крупного палеозойского складчатого сооружения, занимавшего, повидимому, обширное водное пространство, отделяющее Африку и Австралию от Антарктиды (палеогеографы называют его «океан Нерейды») (табл. II).

Африканская платформа может быть разделена на две части—северную, несущую на себе покров осадочных напластований почти всех систем, и южную, в которой докембрийский фундамент выходит на поверхность на обширных площадях и где породы осадочной серии покрова располагаются в отдельных котловинах.

Северную часть будем называть Сахарско-Аравийской плитой, а южную—Южно-Африканским щитом.

3. Общая характеристика Индии

Индия в настоящее время представляет собой полуостров Азии с почти прямолинейными берегами. Север полуострова занят обширной Индо-Гангской равниной, доходящей до предгорий Гималаев и Сулеймановых гор. К югу от нее проходит невысокий Виндийский хребет, составляющий северный край обширного плоскогорья Декан, занимающего весь остальной полуостров.

По северной равнине протекает в восточном направлении Ганг, впадающий с рядом притоков, спускающихся с Гималаев, в Бенгальский залив. На западе располагаются бассейн р. Инда, впадающего в Индийский океан, и пустыня Раджпутана.

На полуострове протекает ряд рек, начинающихся на западе почти у берега океана и впадающих на востоке в Бенгальский залив.

Индия представляет собой платформу с докембрийским фундаментом, перекрытую континентальными отложениями палеозоя и мезозоя. К последнему относятся также мощные базальтовые покровы (деканские траппы). На севере развит огромный предгорный прогиб, заполненный третичными и антропогенными отложениями.

II. САХАРСКО-АРАВИЙСКАЯ ПЛИТА

1. Общие данные

Сахарско-Аравийская плита протягивается от Атлантического океана до Персидского залива и включает Сахару, Гвинею, Ливию, Египет, Судан, Аравию, Эфиопию и Сомали. В восточной части она пересекается грабеном Красного моря. Сахарско-Аравийская плита характеризуется широким развитием горизонтально залегающих отложений палеозоя, мезозоя и палеогена, благодаря чему в ее пределах докембрийский фундамент почти нигде не выходит на поверхность.

На севере Сахарско-Аравийская плита соприкасается с герцинскими складками Атласа в Марокко и Алжире. Далее к востоку она обрезана сбросовым берегом Средиземного моря. В нижнем Египте, Палестине, Сирии развит Альпийский предгорный прогиб, выполненный неогеном. Через долину Иордана, Мертвое море и Красное море и далее на стык Эфиопии и Сомали проходит северная часть Восточно-Африканского грабена.

На юге Сахарско-Аравийская плита постепенно переходит в Южно-Африканский щит. На западе она обрезается берегом Атлантического океана между Марокко и Камеруном. На востоке она подходит к предгорному прогибу Месопотамии и Персидского залива.

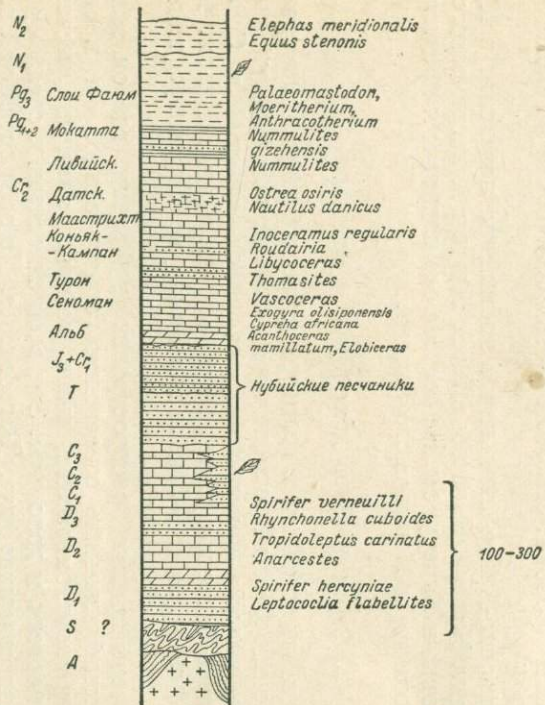
2. Стратиграфия докембрия и палеозоя

Докембрий в виде гнейсов и гранитов широко развит в центральной Аравии и по обоим берегам Красного моря, а также в Гадрамауте (южная Аравия). Далее выходы кристаллических пород известны в Сахаре— на западе, на плато Тибести и между бассейном оз. Чад и Нилом. Кроме того, докембрий обнаружен в Гвинее и в Камеруне. Стратиграфия докембрия этих районов мало изучена.

Кембрий очень широко распространен в Аравии, где он залегает на докембрийском фундаменте совершенно горизонтально. Он представлен в основании конгломератами, выше которых залегают песчаники, пестроцветные мергеля и доломиты. Эти слои относятся к среднему кембрию, так как они содержат фауну *Paradoxides*. На всей остальной площади плиты кембрийские отложения отсутствуют (рис. 7).

Силур развит в Центральной Сахаре, в массиве Туарег, где были найдены складчатые граптолитовые сланцы; имеет ли этот факт местное или региональное значение—остается пока неясным.

Сахара и Египет



Аравия и Палестина

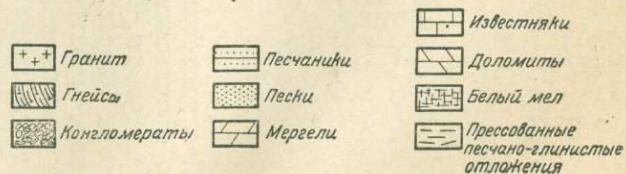
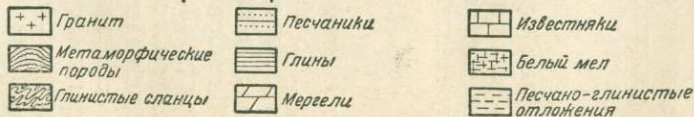
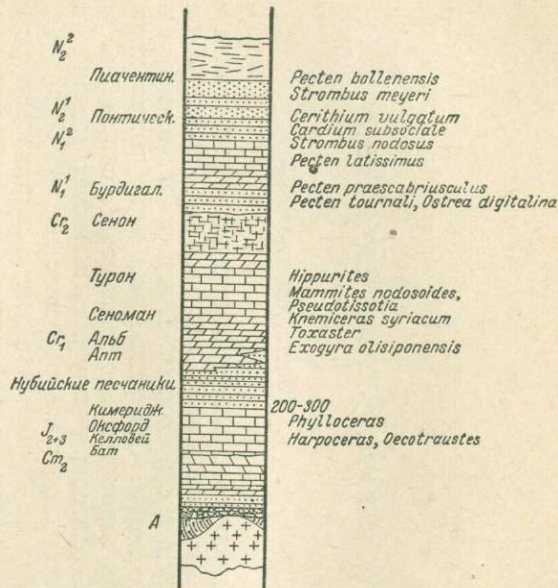


Рис. 7. Африка и Индия. Сахара, Египет и Аравия

Подобного же рода складчатые граптолитовые сланцы имеются в Гвинее. На основании этих находок говорят о наличии меридианальной складчатой зоны сахарид, созданной в каледонском цикле орогенеза.

Девон имеет широкое распространение в Сахаре, где он представлен всеми тремя своими отделами. Нижний девон сложен континентальными песчаниками, средний девон песчаниками с *Calceola sandalina*, а верхний — также песчаниками с европейскими аммонитами, а также *Cluvenia*.

На самом севере Сахары, уже в пределах Алжира, на плато Туарег, развиты среднедевонские отложения с гамилтонской фауной (*Tropidoleptus carinatus*, *Leptocoelia flabellites*), сложенные мергелями и известняками. Верхний девон здесь сложен песчаниками и известняками с *Hypothyridina cuboides* и *Spirifer verneuili*.

Таким образом, девон Сахары весьма близок в фаунистическом отношении к европейскому и только в среднем девоне здесь появляется гамилтонская фауна.

Карбон занимает огромные пространства в Сахаре, залегая горизонтально. Он имеется в бассейне Сенегала, проходит в северную и центральную Сахару. Начинается карбон в и з е й с к и м и известняками, выше которых залегают известняки с *Choristites mosquensis*, а вверху развиты также известняки с *Productus coa*. Таким образом, карбон Сахары имеет чисто платформенный характер и построен по русскому типу. Следовательно, каменноугольная трансгрессия затопила всю западную Сахару.

Пермских отложений на Сахарско-Аравийской плите нет, в связи с чем мы переходим в нашем описании к мезозою.

3. Стратиграфия мезозоя

Мезозойская серия отложений начинается н у б и й с к и м и песчаниками. Начало их отложения приходится на т р и а с; они откладывались в течение юры и нижнего мел а. В некоторых районах востока нубийские песчаники связаны и с верхним мелом. Таким образом, нубийские песчаники не представляют собой определенного стратиграфического горизонта, а имеют очень различный возраст. На разных уровнях они замещаются морскими отложениями. Происхождение их, повидимому, континентальное. В Палестине, в районе Мертвого моря, в нубийские песчаники вклиниваются морские отложения верхнего триаса с *Muorphoria laevigata*. К триасу относится также нижняя часть адигратских песчаников, развитых на плато Эфиопии, очень высоко в настоящее время приподнятом.

Юрские морские отложения имеют гораздо большее распространение. В Египте в нубийские песчаники вклиниваются морские железистые песчаники л е й а с а; подобные же соотношения имеют место в Палестине и Сирии. Это свидетельствует о начальных фазах наступания юрской трансгрессии; эти морские отложения являются осадками береговой части юрского Тетиса.

Выше начинают появляться карбонатные породы, переслаивающиеся с глинистыми сланцами, соответствующие средней юре, к е л л о в е ю и о к с ф о р д у. Фауна в этой толще имеет альпийский и средневропейский характер и связана с мелководными частями южной окраины Тетиса (*Orpelia fusca*, *Oecotraustes*).

В Аравии, в районе Адена, развиты известняки средней и верхней юры. В Эфиопии верхняя часть адигратских песчаников включает прослой с фауной р э т а и л е й а с а; выше залегают слои Антало, представленные известняками и красноцветными породами, залегающими совершенно гори-

зонтально и заключающими главным образом плеченогих и пелеципод верхней юры (*Rhynchonella moravica*, *Waldheimia humeralis*, *Echogyra bruntrutana*).

Таким образом, здесь имела место обширная юрская трансгрессия, бассейн которой, очевидно, смыкался с юрским бассейном восточного побережья Африки.

Меловые отложения имеют колоссальное распространение по всей Сахарско-Аравийской плите.

В Сахаре меловые отложения начинаются нубийскими песчаниками, которые здесь соответствуют нижнему мелу.

Трансгрессия начинается с а л ь б а. Море захватывает Сахару, проникает к озеру Чад и в Судан, проходя далее в Южную Африку. На островах Зеленого мыса развиты резко складчатые нижнемеловые известняки. Очевидно, что здесь имеются остатки мощного складчатого сооружения, погруженного в воды Атлантического океана. На всем остальном пространстве Африки мел залегает совершенно горизонтально.

Начиная с с е н о м а н а, море занимает на Сахарско-Аравийской плите все более и более значительное пространство. Весь верхний мел Сахары сложен толщей известняков; они вместе с нубийскими песчаниками образуют Гаммаду—систему плоских уступчатых гор. В Сахаре представлены отложения всех верхнемеловых ярусов, начиная с с е н о м а н с к о г о и кончая д а т с к и м ярусом. Фауна этих слоев резко отличается от европейской. Очень широкое распространение имеют различные устрицы. Так, в сеномане встречаются тропические *Echogyra olisiponensis*, *Ostrea flabellata*, а также *Cyprina africana*.

Т у р о н в Сахаре представлен рудистовыми известняками, в которых встречаются аммониты *Thomasites* и *Vascoceras*. В сантоне широко развиты морские ежи и *Ostrea columba*. Маастрихт сложен известняками с *Inoceramus regularis*, *Libycoceras* и *Roudairia*.

Д а т с к и е отложения заканчивают верхний мел, причем между последним и палеогеном имеется совершенно постепенный переход. В Сахаре и Египте имеется единственное в своем роде явление—максимум трансгрессии падает на датское время, тогда как в других частях земного шара к этому времени относится резкая регрессия. Невольно возникает вопрос, с чем связана такая колоссальная трансгрессия, захватившая всю северную половину Африканского материка? Можно попытаться объяснить это тем, что в это время происходило огромное погружение в области Атлантического океана, что вызвало по соседству с Тетисом обширное погружение платформы.

Фауна африканского верхнего мела характеризуется наличием ряда форм пелеципод, не известных в Европе,—*Echogyra olisiponensis*, *Ostrea boucheroni* и др., с другой стороны, встречаются тропические аммониты. Большое распространение имеют меловые цератиты (*Tissotia*, *Neolobites*).

В Египте, в Палестине и Аравии картина примерно та же самая. Там развиты нубийские песчаники, частично переходящие в морские нижнемеловые отложения; в Аравии они имеют связь с верхним мелом.

В Египте и Судане широко развита датская трансгрессия, уходящая далеко на юг, причем здесь м а а с т р и х т с к и й и датский ярусы представлены белым мелом; датские слои охарактеризованы *Nautilus danicus*, *Ostrea osiris*, *Pecten obrutus*. То же самое имеет место и в Аравии. Море распространялось также на юг, занимая Эфиопию.

На полуострове Сомали развиты нубийские песчаники и морские отложения нижнего мела—известняки н е о к о м а и песчаники а п т а с *Trigonia picteti*.

4. Стратиграфия кайнозоя

Палеоген имеет в описываемой области не меньшее развитие, чем верхний мел; так же, как и последний, он распространен от Сенегамбии на западе до Персидского залива на востоке.

Между верхним мелом и палеогеном перерыва в отложении нет; датские отложения непосредственно переходят в палеоген, причем датская фауна особенно разнообразна и богата. Именно здесь можно убедиться в принадлежности датского яруса к верхнему мелу, а не к палеогену, как думают некоторые геологи. Правда, аммониты в датских слоях исчезают, но встречается очень большое количество устриц и других пелеципод, имеющих вполне меловой характер.

Палеоген выражен всеми своими тремя отделами и сложен главным образом известняками, становящимися вверху эоцена мергелистыми; здесь же появляются глинистые толщи. В олигоцене все это сменяется пестроцветными толщами и галечниками, указывающими на постепенную регрессию моря.

Фауна палеогена Сахары и Египта в общем близка к европейской, причем она имеет субтропический характер. Здесь встречаются *Ostrea multicostata*, *O. symbula*, *Cytherea nitidula*.

Палеогеновая трансгрессия достигает Слонового берега в западной Гвинее; всюду на этом пространстве палеоген заключает европейского типа фауну. Таким образом, получается весьма крупная разница между африканским палеогеном и верхним мелом, фауна которого, наоборот, имеет резко отличный от европейской характер.

В Ливийской пустыне палеоген начинается ливийским ярусом 500 м мощностью, который сложен известняками и мергелями с альвеолинами и нуммулитами. Он покрывается моккатамским ярусом, заключающим наиболее крупные в мире нуммулиты—*Nummulites gizehensis*. Оба яруса составляют вместе эоцен.

В олигоцене Ливии и западной части Египта развиты речные отложения. Здесь в оазисе Фаюм найдена была богатая фауна млекопитающих—*Palaeomastodon*, *Moeritherium*, *Arsinoitherium*, *Hyenodon*, *Antra-cotherium*, *Anoplotherium*, *Parapithecus*, *Propliopithecus*. Здесь, очевидно, была хорошо орошаемая местность, дававшая возможность прокормиться весьма большому количеству животных.

В нижнем Египте к этому же времени приурочены крупные базальтовые покровы.

Неоген в Северной Африке представлен континентальными отложениями. В северном Египте, Палестине и северной Аравии развиты отложения трансгрессии аквитанского и бурдигальского возраста. Море сохраняется здесь в течение нижнего и среднего миоцена, в сармате же море из этих районов уходит. Полоса развития морского миоцена приурочена к предгорному прогибу, сопровождающему южный край Альпийского складчатого сооружения, ныне опущенному под уровень Средиземного моря.

В плиоцене предгорный прогиб затопляется пиацентинской трансгрессией, отложения которой известны в Египте в районе пирамид. Встречаются также и астиийские пески.

На островах Канарских, Азорских, Зеленого мыса развиты литотамниевые известняки миоцена.

В Египте и в других районах встречаются речные и озерные отложения верхнего плиоцена с наиболее молодой плиоценовой фауной—*Elephas meridionalis*, *Equus stenorhis* и др.

Антропогенные отложения выражены отложениями Пранила—аллювием древнего Нила, протекавшего западнее современного и впадавшего в обширные котловины, расположенные к западу от Эфиопской возвышенности. В дальнейшем произошел прорыв Нила в Средиземное море и спуск этой системы озер и болот; последнее произошло во время оледенения Северной Европы, когда в Африке был плейстоценовый, дождливый климат. О наличии последнего говорит резкое развитие ныне совершенно сухих долин.

5. Тектоника

В основе Сахарско-Аравийской плиты располагается докембрийский фундамент, созданный тектоническими движениями археозоя и протерозоя, детали строения которого нам неизвестны.

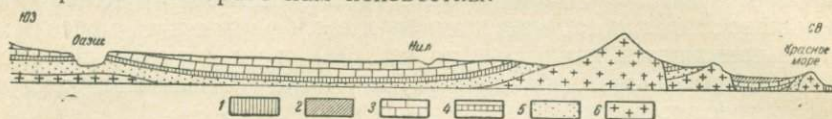


Рис. 8. Профиль через Нильскую синеклизу (из Рида):

1—четвертичные отложения, 2—миоцен, 3—эоцен, 4—верхний мел, 5—нубийские песчаники, 6—археозой

Наличие складчатых граптолитовых сланцев в Центральной Сахаре и на Гвинейском берегу вызывает предположение о существовании меридианальной Каледонской складчатой зоны—сахарид,—пересекающей Африку от Алжира до Гвинеи; истинный характер этой зоны нам неизвестен.

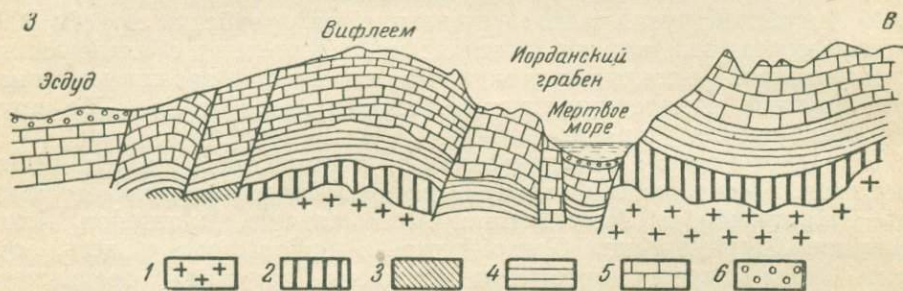


Рис. 9. Разрез через Мертвое море (из Кренкеля):

1—докембрий, 2—палеозой, 3—юра, 4—нижний мел, 5—верхний мел, 6—плиоцен

Сахарско-Аравийская плита состоит из ряда синеклиз, имеющих в общем меридианальное простирание с обычными для платформы расплыв-

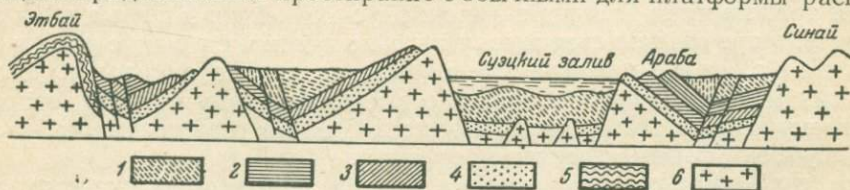


Рис. 10. Разрез через Суэцкий грабен (по Кренкелю):

1—миоцен, 2—эоцен, 3—верхний мел, 4—нубийские песчаники, 5—кристаллические сланцы, 6—граниты

чатыми округлыми очертаниями. Одна из этих синеклиз располагается по берегу Атлантического океана, другая на меридиане Тимбукту; далее к востоку располагается синеклиза в районе Ливии, плато Тибести и в рай-

оне оз. Чад. Обширная синеклиза протягивается вдоль Нила в Сомали и Кению (рис. 8). Эти структуры заложены, повидимому, в палеозое, но особенно отчетливо выявились в верхнем мелу. В Аравии прогибы фундамента платформы приурочены к ее северной и восточной окраинам. Западный край Сахарско-Аравийской плиты имеет сбросовый характер. Сбросами же ограничена она на севере между Тунисом и Сирией. В нижнем Египте, в Палестине и Сирии проходит Альпийский предгорный прогиб.

Красное море представляет собой громадный грабен, продолжающийся в северном направлении через Мертвое море в долину Иордана (рис. 9). На юге разломами очерчены берега Аравии и Сомали, а также треугольное пространство между последним и Эфиопией (рис. 10).

III. ЮЖНО-АФРИКАНСКИЙ ЩИТ

1. Общие данные

В состав Южно-Африканского щита мы включаем часть материка, расположенную примерно к югу от экватора, а также Мадагаскар. Здесь находится платформа, обрезанная сбросами, и часть складчатой системы, располагающейся на самом юге Африки.

Южно-Африканский щит характеризуется наличием обширных площадей, на которых докембрийский фундамент выходит на поверхность. Морские отложения играют в осадочном покрове, имеющем сильно прерывчатый характер, весьма незначительную роль. Наоборот, континентальные отложения палеозоя и триаса занимают обширные площади в котловинах Карру (Южно-Африканский Союз), Калахари (юго-западная Африка) и Конго.

Восточная часть щита от оз. Рудольфа до устья Замбези пересечена системой крупнейших разломов и грабенов.

2. Стратиграфия докембрия

Докембрийские породы выходят на очень обширных площадях в Кении, Танганьике, Родезии, Конго, юго-западной Африке, Оранжевом государстве, Трансваале и на Мадагаскаре. Наиболее изучены эти отложения в Южно-Африканском Союзе, откуда и берутся данные для его характеристики (рис. 11).

Археозой Южной Африки состоит из двух свит, несогласно залегающих друг на друге,—Свазиланд (Swaziland) и Барбертон (Barberton). Они сложены гнейсами и различными кристаллическими сланцами, а также огромными массивами гранитов. В бассейне Конго в свите Чусос имеются древнейшие на Земле ледниковые отложения—тиллиты.

Протерозой. Несогласно на свите Барбертон залегают свита Витватерсранд (Witwatersrand), сложенная кварцитами и золотоносными конгломератами. Золото здесь находится во вторичном залегании, будучи вымытым из золотоносных кварцевых жил археозоя. Особенно широко распространены золотые месторождения в Трансваале и Родезии.

Свита Витватерсранд покрывается лавами Вентерсдорп (Wentersdorp); они имеют преимущественно основной состав, среди них широко развиты диабазы, обе протерозойские свиты резко смяты в складки.

Верхний протерозой лежит несогласно на нижнем, располагаясь почти горизонтально. Он представлен свитой Нама-Трансвааль, в основании

Докембрий, палеозой и триас
Южной Африки

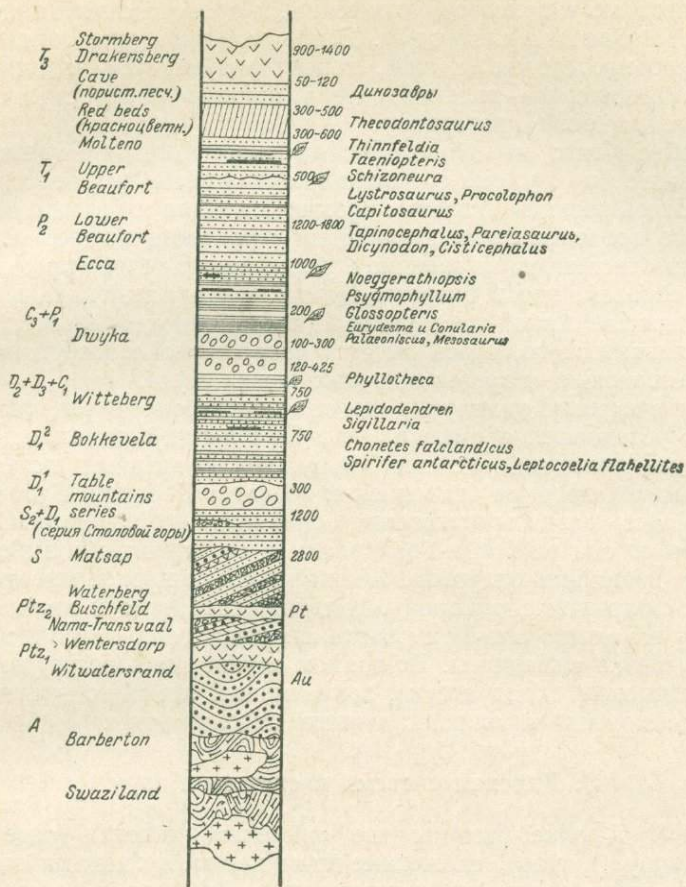


Рис. 11. Африка и Индия. Южная Африка

которой залегают конгломераты и песчаники с железными рудами. Выше залегают доломиты, кварциты и сланцы. Разрез заканчивается тиллитами.

Эта свита перекрывается основными и ультраосновными породами Бушфельдского комплекса (Buschfeld), заключающими месторождения платины, хромита и других металлов.

Следовательно, докембрий Южной Африки характеризуется двукратной складчатостью в археозое, интенсивным орогенезом в конце нижнего протерозоя, создавшим платформу. Выше залегают уже горизонтальные слои верхнего протерозоя (синий), характеризующиеся наличием следов обширного оледенения—явления, очень широко распространенного на земном шаре в конце протерозоя.

В бассейне Конго, на границе Бельгийского Конго и Родезии развита система Кунделунгу; она состоит из континентальных пород в 5 000 м мощности. Здесь развиты тиллиты, кроющиеся черными сланцами флювиогляциального происхождения и сланцами с прослоями известняков и песчаников. Эти отложения, по мнению Робера, имеют речное происхождение.

Таким образом, здесь развиты ледниковые и аллювиальные отложения, заполняющие какой-то огромный прогиб и смятые в складки. По мнению Архангельского, здесь имеется совершенно своеобразная геосинклиналь, не имеющая аналогов в других частях света.

Возраст системы Кунделунгу до сих пор не определен, так как данных для его установления никаких нет. Ее ставили в параллель с верхнепалеозойскими толщами системы Карру, заключающими морены. Однако новейшие исследования бельгийских геологов Робера и Бутакова показывают, что здесь развиты отложения более древнего возраста. Они параллельны либо со свитой Нама-Трансвааль и ее тиллитами, либо же здесь представлен и нижний палеозой. Если правильно первое мнение, то тогда все породы, покрывающие морену, должны относиться к нижнему палеозою. К тому же слои Нама-Трансвааль залегают горизонтально, а породы Кунделунгу резко складчатые. Во всяком случае здесь встает вопрос о наличии каледонской складчатости, захватившей какой-то прогиб, выполненный ледниковыми и аллювиальными отложениями.

3. Капская система и система Карру

В Южной Африке развиты две «системы»—капская (cape sistem) и «система» Карру (Kaaroo), сложенные почти целиком континентальными образованиями, подразделения которых не совпадают с общепринятыми стратиграфическими стандартами, установленными в Европе на основании морских ископаемых.

Над породами Бушфельдского комплекса залегают слои Ватерберг (Waterberg), сложенные конгломератами и песчаниками красно-бурого и пурпурного цветов. Выше залегают свита Матсап (Matsap), состоящая из конгломератов, песчаников, кварцитов, лав и брекчий. Эта толща пород достигает 2 800 м и характеризуется преимущественным накоплением песчаников. Фауна в обеих свитах не найдена, но они покрываются несогласно девоном, что заставляет им приписывать силурийский возраст. Возможно, что здесь располагаются накопления обломочного материала в предгорном прогибе Каледонского складчатого сооружения, располагавшегося южнее, в области океана Нерейды.

Капская система начинается формацией Столовой горы (Table Mountain), залегающей трансгрессивно на свитах Матсап, Нама-Трансвааль, а также и на археозое. Сложена она песчаниками, кварцитами и глинами; песчаники отличаются очень резкой косвенной слоистостью, встречаются

также галечники и конгломераты. В слоях Столовой горы встречаются флора и редкие пелециподы, дающие нам право относить эти толщи к верхнему силуру или же к основанию нижнего девона.

Выше лежит морена с исстрихованными валунами, залегающая местами на отполированной поверхности гранитов. Возраст ледниковых отложений определяется как основание девона. Появление льдов связано было, очевидно, с очень крупным поднятием обширной области, имевшим место в результате каледонской складчатости.

Морена покрывается серией Боккефельд (Bokkeveld); здесь развиты сланцы и песчаники с *Chonetes falclandicus*, *Spirifer antarcticus* и *Lepto-coelia flabellites*, мощностью в 750 м. Возраст этих отложений может быть определен как переходный от нижнего к среднему девону. Таким образом, в конце нижнего девона имела место крупная трансгрессия, захватившая Южную Африку и перекрывающая ледниковые отложения Столовой горы. Фауна этого бассейна имела южноамериканский характер.

Выше залегают серия Виттеберг (Witteberg), состоящая из кварцитов с косвенной слоистостью, углистых глин и песчаников с флорой *Lepidodendron*, *Sigillaria*, *Lepidostrobis*, имеющей характер, переходный от верхнего девона к нижнему карбону. Появление этих континентальных грубообломочных отложений было связано, вероятно, с герцинской складчатостью в Неренде, имевшей, повидимому, место между девонем и карбоном.

Общая мощность капской системы определяется в 3000 м. Она соответствует отложениям верхнего силура, девона и нижнего карбона.

Система Карру (Karoo) выполняет огромную котловину того же названия, расположенную на юге Африки и отделенную от океана горными хребтами.

Система Карру начинается серией Двика (Dwyka), занимающей в Южной Африке весьма обширное пространство и залегающей на отполированной льдом до зеркального блеска и исстрихованной поверхности гранитов.

Двика состоит из трех свит: нижняя часть Двика сложена сероватыми и зеленоватыми сланцами с прослоями кварцитов и с остатками *Phyllothesa*; мощность этой свиты колеблется от 120 до 425 м.

Средняя свита Двика состоит из морены с прослоями сланцев с валунами, песчаными конгломератами и известняками; мощность этой толщи от 100 до 300 м.

Верхняя часть Двика сложена синеватыми и зеленоватыми сланцами, конкрециями фосфоритов, углистыми сланцами и доломитами. Она заключает *Lepidodendron australe*, *Glossoptris*, рыб *Palaeoniscus*, рептилий *Mesosaurus* и *Noteosaurus*; кроме того, здесь встречаются представители морской фауны *Eurydesma* и *Copularia*; мощность этой толщи достигает 200 м. Общая мощность серии Двика исчисляется в 420—925 м.

Оледенение в Южной Африке, повидимому, было очень значительное; мощность льда оценивается в 2000 м. Направление движения было с северо-востока, с юго-востока, с северо-запада и с запада. Очевидно, здесь распространены следы огромного материкового покрова льдов.

Верхняя Двика отлагалась в условиях приледникового холодного климата, о чем можно судить по синеватым и зеленоватым тонам глинистых пород.

Возраст серии Двика определяется тем, что в верхних ее горизонтах встречается пермская фауна рыб и пресмыкающихся. Горизонт с *Eurydesma* и *Copularia* приурочен в южном полушарии к самому основанию перми. Следовательно, морена Двика имеет верхнекаменноугольный возраст.

Следующая серия—Экка (Есса),—сложена серыми сланцами и песчаниками, образовавшимися, несомненно, во влажном и умеренно холодном климате; здесь встречаются также прослой углей. Флора здесь представлена *Glossopteris*, *Gangamopteris*, *Noeggerathiopsis*; встречаются также некоторые пермские рыбы (*Acrolepis*); мощность серии Экка—1 000 м; возраст ее—нижняя пермь (рис. 12).

Над слоями Экка располагается серия Бофор (Beaufort), которая разделяется на три свиты. Сложена эта серия песчаниками, переслаиваемыми сероватыми и зеленоватыми, изредка красноватыми глинами. Серия Бофор включает богатейшую фауну пресмыкающихся.

Нижний Бофор включает три фаунистические горизонта; первый из них—горизонт *Tarinocephalus*. Он включает *Moschops*, *Titanophoneus*

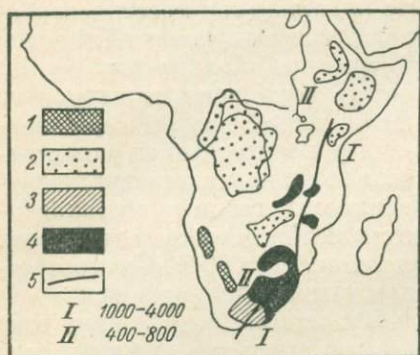


Рис. 12. Пермские отложения Африки (по Диксей из Страхова):

1—пестроцветная толща, 2—песчано-глинистые сероцветные отложения, 3—сероцветные глинистые породы, 4—угленосные толщи, 5—граница больших и малых мощностей. I—зона мощностей от 1 000 до 4 000 м; II—зона мощностей от 400 до 800 м

и другие формы. Горизонт *Endothiodon* характеризуется массовым появлением *Pareiasauria* и *Gorgonopsidae*. В горизонте *Cistecephalus* наибольшее развитие получают *Dicynodontidae*. Мощность пород нижнего Бофора достигает 3 000 м. Возраст этих отложений—верхнепермский.

Средний Бофор сложен желтыми песчаниками и красными глинами с *Lystrosaurus*; он соответствует наиболее низким горизонтам триаса.

Верхний Бофор сложен такими же породами и включает внизу *Procolophon*, а вверху *Capitosaurus*. Возраст этих отложений—нижний триас. Помимо фауны, они включают остатки флоры—*Glossopteris*, *Gangamopteris*, *Schizoneura*.

Следующая серия системы Карру—Стормберг (*Stormberg*)—залегает на серии Бофор с перерывом в отложениях. Она начинается свитой *Мольтено*, сложенной грубозернистыми песчаниками и углями с *Thinnfeldia*, *Taeniopteris*, *Baiera* (300—600 м). Выше залегают красные сланцы и песчаники (*Red beds*) с остатками кремневой древесины и динозаврами *Thecodontosaurus* (300—500 м). Эта свита покрыта кавернозными песчаниками (*Cave sandstone*) с остатками рыб и динозавров (80—120 м). Система Карру заканчивается серией *Стемберг* с покровами базальтов *Дракенсберг* (*Drakensberg*), мощность которых достигает 900—1 200 м. Возраст серии Стормберг—верхний триас, причем базальтовые покровы могут относиться уже и к самому началу юры, мощность всей серии Стормберг достигает 2 000 м.

Общая мощность системы Карру достигает максимально 6 500 м. Здесь развиты сначала озерные отложения, затем ледниковые и приледниковые, очевидно, отлагавшиеся тогда, когда материк был значительно приподнят, что имело место в верхнем карбоне. Затем начинается неуклонное погружение котловины Карру: отлагаются сначала озерные отложения (Экка), затем аллювиальные и аллювиально-озерные образования (Бофор); все это происходило в обстановке умеренно холодного и умеренного, в значительной степени, сухого климата. Вероятно, котловина Карру представляет собой предгорный прогиб поднимавшегося к югу от него горного хребта. Поражает совершенно исключительное богатство

фауной, захороненной в этих отложениях; здесь имел место и принос трупов животных с окружающих высот и гибель огромных стад травоядных животных и хищников на обширных степных пространствах.

Середина триаса сопровождалась поднятием материка и оживлением деятельности денудационных процессов, после чего откладывались породы явно пустынного происхождения с редкой флорой и фауной. Что же касается базальтов, то они связаны с процессами разламывания Гондваны и опусканием соседних участков земной коры.

Очень важно отметить, что в середине мезозоя образовались в Южной Африке взрывные воронки, заполненные своеобразной синей вулканической породой—кимберлитом,—закрывающей величайшие в мире алмазы (рис. 13).

Стратиграфия севернее расположенной котловины Конго, в настоящее время еще слабо изученной, имеет в общем сходный характер.

В основании залегает морена лова, покрываемая межледниковыми отложениями с *Phyllothesca* и *Gangamopteris*, на которых залегают ленточные глины с валунами, отмечающие наличие второго, меньшего, оледенения. По мнению Бутакова, второе оледенение было связано с какой-то очень крупной возвышенностью, располагавшейся между бассейнами Конго и Замбези. Южнее, в английской колонии Родезии, залегают слои Экка в виде угленосных глинистых и песчаных пород. В бассейне Конго, выше ледниковых отложений, залегают слои Лукуга—последледниковые темные сланцы и песчаники со слоистостью сезонного происхождения; они заключают угли и остатки флоры. Слои Лукуга соответствуют свите Экка и являются нижнепермскими. Выше залегает свита Луалаба, сложенная красными и зелеными сланцами с *Glossopteris*. Ее можно параллелизовать с серией Бофор южных частей Африки.

Серии Стормберг в бассейне Конго соответствуют красные и зеленые сланцы.

Породы системы Карру могут быть прослежены также в Танганьике и Кении.

4. Стратиграфия мезозоя и кайнозоя

Восточное побережье Африки характеризуется развитием морских отложений, начиная с триаса. Сюда же относятся и берега Мадагаскара (рис. 14).

Триас. В колонии Танганьика триас сложен песчаниками и углистыми сланцами с растениями, среди которых встречается европейская *Voltzia*.

В соседней области Кения развиты пермские сланцы и песчаники с пеллециподами русского типа (свита Дурума); нижний и верхний триас представлен слоями с растениями. В районе Мозамбика залегают сланцы и песчаники с растениями также триасового возраста.

На западном побережье Мадагаскара развиты морские отложения триаса: песчаники нижнего триаса с *Hedenstroemia*, *Meekeoceras*, *Flemingites*, слои верхнего триаса с *Joannites* и *Cladiscites*. К верхнему триасу относятся песчаники с остатками флоры европейского типа

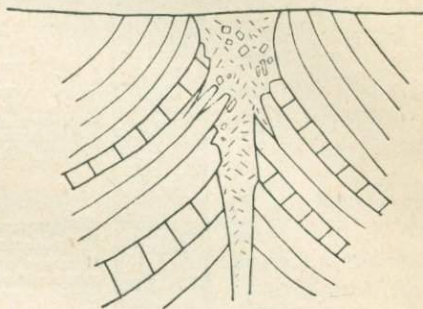


Рис. 13. Воронка с алмазоносным кимберлитом в Южной Африке (из Дю-Тойта)

и с африканской *Schizoneura*. Появление морских отложений в Мозамбикском проливе, заключающих индийскую фауну, показывает образование синеклизы на месте этого пролива и проявление морского бассейна, имевшего прямое сообщение с Тетисом района Гималаев.

Юра. В Танганьике развита свита Руву, сложенная оолитовыми известняками и неринеевыми банками; фауна включает европейские эле-

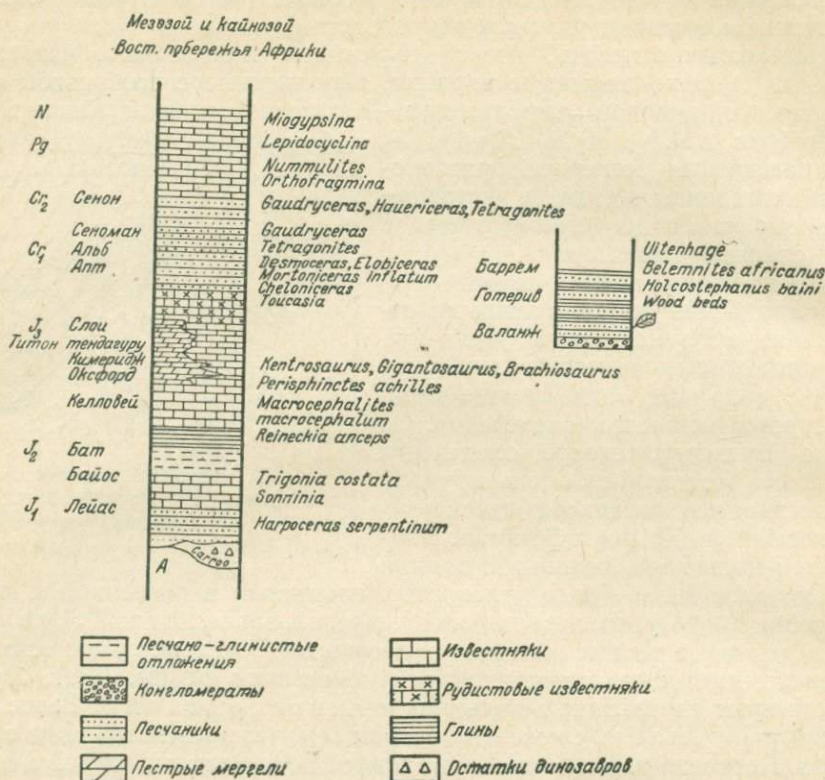


Рис. 14. Африка и Индия. Южная Африка

менты, проникавшие сюда из Тетиса, вдоль восточного края суши. Здесь присутствуют также гималайские и даже южноафриканские формы; кроме того, здесь имеется и ряд местных видов. Эти отложения соответствуют средней юре, келловее и оксфорду.

В местности Тендагуру развиты кимериджские и титонские пестрые мергеля с колоссальными динозаврами—*Kentrosaurus*, *Gigantosaurus*; последний обладал плечевой костью в 2,10 м, т. е. она была в 2,5 раза больше слоновой и в 6 раз больше человеческой.

Среди мергелей, заключающих остатки этих гигантских животных, вклиниваются слои морских отложений с *Nerinea*, *Perisphinctes achilles*, *Trigonion*, *Cidaris glandifera*, *Perisphinctes bleicheri*, *Phylloceras*.

Верхняя часть этих слоев относится уже к нижнему мелу.

На западном побережье Мадагаскара развиты лейасовые и байосские известняки, заключающие европейскую фауну. В бате произошло поднятие, в результате чего создались лагуны, в отложениях которых были найдены кости динозавров. Келловей имеет типично европейский характер: здесь залегают сланцы с *Reineckia anceps* и *Macrocephalus*.

lites macrocephalum. В оксфорде и кимеридже имеется смешанная индийско-европейская фауна.

Появление морских юрских отложений по обоим берегам Мозамбикского пролива имеет очень большое принципиальное значение. Выше было сказано, что сюда проник небольшой триасовый пролив, который в юре расширился, так что море стало перекрывать восточный берег Африки. Наличие в этом бассейне европейской фауны показывает, что он имел открытое сообщение с европейской частью Тетиса, вероятно, через Эфиопию и Аравию. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что в верхней юре в фауне этого бассейна обнаруживается примесь гималайских и южноамериканских элементов. Первое указывает на то, что, помимо соединения с Европой, установилось сообщение Мозамбикского бассейна также и с Индийским; иначе говоря, видимо, между Африкой и Индией имело место крупное погружение.

Примесь южноамериканских форм свидетельствует о том, что Мозамбикский залив превращается в пролив, в который проникает фауна с юга. Эти крупные опускания сопровождались разломами, с которыми были связаны излияния базальтов.

Несомненно, что в юру создан обширный бассейн между Африкой и Индией, повидимому, постепенно продвигавшийся к югу.

Так как ни в Южной Африке, ни вдоль западного побережья к северу от мыса Доброй Надежды нигде юрских отложений нет, можно думать, что материк охватывал в те времена южную часть Атлантического океана и составлял единое целое с Южной Америкой.

Меловые отложения развиты значительно шире юрских.

Вдоль восточного побережья Африки развиты ургонские отложения европейского типа с *Toucasia* и *Monopleura*, соответствующие альбу.

Верхнемеловые отложения характеризуются присутствием *Lytoceras*, *Turrilites* и *Desmosceras*, причем обнаруживают значительное сходство с Индией.

На западном берегу Мадагаскара нижнемеловые отложения характеризуются присутствием южноевропейской фауны.

Турон и коньяк характеризуются присутствием европейских аммонитов *Naueiceras* и *Barroisiceras*. В туроне, кроме того, развиты глины и пестрые песчаники, заключающие остатки *Titanosaurus* и *Megalosaurus*, в сеноне развиты мергеля и известняки с индийской фауной.

В бухте Делагоа (португальская колония Мозамбик) развиты аптские песчаники с *Chelonicerias* и *Aconecerias pisoides*. Альб заключает *Desmosceras*, *Mortoniceras inflatum* и *Elobites*. Сеноман характеризуется появлением индо-тихоокеанской фауны *Gaudyceras*, *Tetragonites*. В сеноне, кроме последних, встречаются *Naueiceras* и *Pararachydiscus*, указывающие на полное господство здесь южноиндийско-тихоокеанской фауны. Здесь замечательно то обстоятельство, что нижний мел представлен вдоль всего восточного побережья Африки в чисто европейском типе. В верхнем мелу на Мадагаскаре и на Мозамбике появляется индо-тихоокеанская фауна, причем обе фауны не смешиваются. Это вызвало сначала представление о наличии между двумя бассейнами континентального барьера. По мнению Коссмата, это предположение вряд ли правильно: скорее всего следует принять гипотезу наличия наискось идущего кораллового рифа, разделявшего два течения, приносившие различную фауну.

В Южной Африке в некоторых местах на складчатом палеозое залегают слои Уитенхаге (*Uitenhage*), в основании которых залегают красные

песчаники и конгломераты, а выше слои с древесиной (Wood beds)—песчаники, заключающие остатки флоры и пресноводной фауны. Эти континентальные слои перекрываются песчаниками и глинами валанжина и готерива с *Belemnites africanus*, *Hamites africanus*, *Holcostephanus beani*.

Меловая трансгрессия проникает также на атлантическое побережье Африки. В районе Анголы развиты мергеля альба с *Acanthoceras mammilatum*. Эти же слои развиты также в Камеруне и Гвиане, где они характеризуются присутствием *Elobiceras* и *Oxutropidoceras*, распространенных также и по бразильскому побережью. Альбский бассейн из Анголы и Конго распространяется на север, где он соединялся с альбским бассейном Сахары.

В этих же районах развиты также и верхнемеловые отложения с североафриканской и европейской фауной.

Палеоген занимает узкую полосу вдоль восточного побережья Африки, слагаясь нуммулитовыми и ортофрагминовыми известняками эоцена и олигоценовыми известняками с *Lepidocyclina*.

На юге Африки имеется небольшая трансгрессия олигоценового моря, а во впадине Калахари развиты различные континентальные породы—галечники, песчаники, брекчии, отлагавшиеся либо в озерных котловинах, либо в пустыне. Несомненно, что впадина Калахари, как и сейчас, находилась в резко засушливых условиях.

Неоген представлен исключительно узкой полоской отложений по берегам материка.

5. Тектоника

Южно-Африканский щит представляет собой приподнятый докембрийский фундамент Африканской платформы. Его строение связано с двумя тектоническими ярусами археозойских складчатостей, образовавших основные массивы—Танганьикский, Мозамбикский, Трансваальский и Мадагаскарский.

Складчатость конца нижнего протерозоя (карельская) спаяла между собою эти массивы и создала платформу, на которой уже горизонтально отлагались породы свиты Нама-Трансвааль и аналогичные ей образования.

Очень большую проблему представляет вопрос о наличии или отсутствии в Южной Африке каледонских складчатых структур.

Появление грубообломочных пород свит Ватерберг и Матсап, относимых к нижнему силуру, свидетельствует о происходившем поднятии горной страны, образовавшейся в результате таконской складчатости к югу от современного берега Африки, где проходила, по всей вероятности, обширная геосинклиналь Нерейды, отделявшая Африканскую платформу от платформы Антарктиды.

Повидимому, существовало также Каледонское сооружение и к западу от Африки, что пока еще не может быть доказано. Очень остро стоит вопрос о складчатости к югу от бассейна Конго, где развита «система» Кунделунгу (рис. 15). Мы видели, что нижняя часть этой свиты, представленная мореной, имеет, видимо, верхнепротерозойский возраст, верхняя же часть, состоящая из озерных и речных отложений, по всей вероятности, нижнепалеозойская. Непонятна структура области развития пород Кунделунгу, так как она не подходит ни под одну из известных нам структурных категорий литосферы. Возможно, что это одно из ответвлений мощного геосинклинального пояса, проходившего к западу от Африки, резкий

нами (Кения, Килиманджаро, Вирунга—рис. 17, 18). Образование этой гигантской системы расколов объясняется различно: одни авторы стоят за объяснение их силами тангенциального сжатия, другие же предполагают здесь зону растяжения, что является, повидимому, более правильным. Имеются



Рис. 17. Схема строения Великого Африканского грабена в районе озера Танганьика

предположения о наличии здесь крупного коробления земной коры, в результате которого имели место обрушения свода. На наш взгляд, система восточноафриканских расколов, параллельная более или менее сбросовым берегам материка, представляет собой подготовку к новым его опуска-

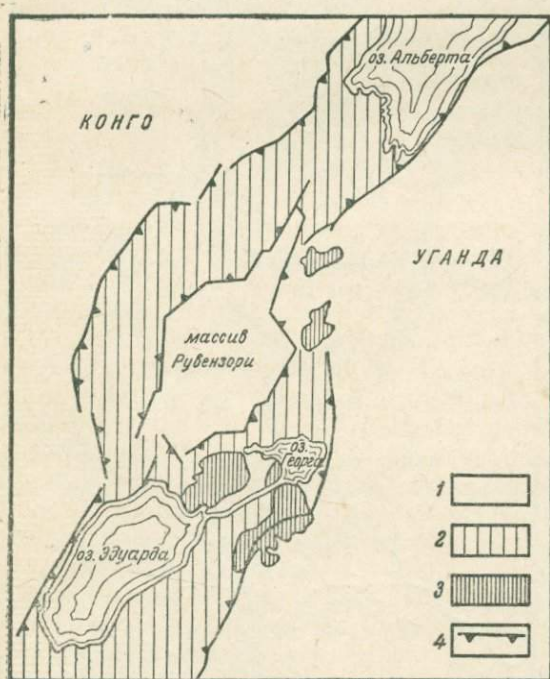


Рис. 18. Часть Великого Африканского грабена между оз. Эдуарда и оз. Альберта (из Холмса): 1—области приподнятые, 2—опущенная часть грабена, 3—лавовые поля, 4—сбросы

никам по типу тех, которые имели место в мезозое и привели к созданию Мозамбикского пролива и отделени от Африки Мадагаскара. Образование системы восточноафриканских расколов весьма длительно: оно началось в конце палеогена, наибольшее же его развитие приходится на конец плиоцена и начало четвертичного времени.

На юге явственно прослеживаются следы каледонской складчатости и образование предгорного прогиба, заполнившегося продуктами разрушения горных хребтов, создававшихся к югу от современного материка. Складчатость каледонского цикла привела к очень крупному поднятию платформы, о чем говорит наличие мощного покровного оледенения в начале нижнего девона.

Герцинская складчатость проявила себя также вне ма-

терика; о ней можно судить по накоплению обломочных пород Виттеберг, отлагавшихся, видимо, в условиях предгорного прогиба. В связи с этим нам следует предполагать наличие весьма ранних герцинских движений— между девоном и карбоном. Последующее, исключительно крупное по размаху и по площади, поднятие докембрийского фундамента привело

к огромному оледенению в конце карбона. Поднятие продолжалось при изменившихся климатических условиях и в перми, о чем говорит образование котловины Карру и заполнение ее мощными толщами озерных и речных отложений.

Очень резкая складчатость была в конце триаса (капские движения). Она захватила континентальные отложения перми и триаса; ею созданы системы опрокинутых складок в хребте, протягивающемся вдоль южного

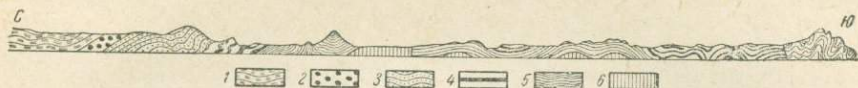


Рис. 19. Профиль через Капские горы (из Рида). Система Карру:
1—Энка, 2—Двина, Капская система, 3—Виттеберг, 4—Бокневельд, 5—свита
Столовой горы, 6—нижний палеозой

побережья материка (рис. 19). Складки имеют широтное простираение, поворачивают у мыса Доброй Надежды к северу и затухают у устья р. Оранжевой. Эти складки связаны с какой-то внегеосинклинальной структурой краевой части платформы. Образование их мало понятно. Нужно предполагать в связи с их существованием наличие мощного складчатого сооружения, синхроничного индо-синийскому, обрамлявшего Африканскую платформу с юга. Нужно сказать, что проблема тектонической структуры юга африканского материка не разрешена; мы имеем право предполагать, что к югу от него располагалась система каледонских, герцинских и капских складок, ныне глубоко погруженных на дно океана табл. II).

IV. ИНДИЙСКАЯ ПЛАТФОРМА

1. Общие данные

Индийская платформа, имеющая ромбоидальную форму, оконтуривается с севера альпийскими складками Синда, Сулеймановых гор, гор Кашмира, Гималаев и Бирманской дуги. Представляя в настоящее время полуостров Азии, Индийская платформа очерчена прямолинейными берегами Индийского океана и Бенгальского залива. К ней относится также и о-в Цейлон.

Индийская платформа состоит из докембрийского фундамента, перекрытого горизонтальными континентальными отложениями «системы» Гондваны, деканскими траппами и новейшими отложениями, приуроченными главным образом к обширному Индо-Гангскому предгорному прогибу. Морские отложения на Индийской платформе играют совершенно второстепенную роль. Последнее обстоятельство заставляет предполагать, что Индия занимает только часть платформы, размеры которой в прежнее время, надо думать, были значительно больше современных.

В Индии принято выделять четыре крупных стратиграфических комплекса: ведийский или архейский, пуранский, включающий протерозой, дравидийский, обнимающий отложения, начиная с кембрия и кончая нижним карбоном. Затем следует арийский комплекс, включающий верхний карбон, мезозой и кайнозой. При таком разделении на Индийской платформе встречаются образования всех перечисленных выше комплексов, за исключением дравидийского, отложения которого на полуострове полностью отсутствуют.

На Индийской платформе арийские отложения залегают горизонтально, равно как и наиболее высокие горизонты пуранских пород, располагаясь на складчатом фундаменте.

2. Стратиграфия докембрия

Археозой занимает на Индийской платформе огромные пространства на юге полуострова и на его северо-востоке. Кроме того, отдельные площади развития археозоя мы находим у Бунделькунда (к западу от Алагарда) и в районе гор Арравали и в Раджпутане.

Археозойские породы представлены различного типа гнейсами, среди которых различают: 1) бенгальские гнейсы—прекрасно сланцеватые гнейсовые породы, богатые силлиманитом, очень часто обозначаемые

именем «фундаментального гнейса»; 2) гнейсы Бунденкунда (Bundekhand) представляют собой в сущности гранитные массивы, занимающие огромные пространства; 3) чарнокитовые породы развиты в Южной Индии; они представляют гранитные породы темного цвета, богатые гиперстеном. Эти породы представляют собой древнейшие образования археозоя, считающиеся в Индии (Вадиа) изверженными; возможно, однако, что они представляют собой продукты метаморфизма и переплава древнейших осадочных пород.

Верхняя часть археозоя обозначается индийскими геологами под именем системы Дарвар (Dharwar); последняя залегает несогласно на гнейсах и гранитах и состоит из сильно метаморфизованных резко складчатых пород, представленных различными кристаллическими сланцами, кварцитами, яшмами и железными рудами. Отнесение системы Дарвар к археозою условно, особенно имея в виду, что индийские геологи параллелизируют ее с гуроном, т. е. с нижним протерозоем Северной Америки.

Выше архейских отложений в фундаменте Индийской платформы залегает группа Пурана, в которой различают две системы—Каддапа и Виндиа.

Система Каддапа (Cuddapah) лежит резко несогласно на системе Дарвар; породы смяты в общем в простые складки, и только в хребте Арравали наблюдается сложная складчатость. Отложения Каддапа начинаются песчаниками и сланцами с редкими прослоями известняков; с ними связаны лавовые покровы и дайки, вызвавшие метаморфизм известняков и превращение их в серпентины и тальковые сланцы.

Особой разновидностью нижних горизонтов Каддапа являются слои Дели, сложенные кварцитами, сланцами и основными эффузивами; они резко смяты в складки и прорезаны мощными гранитными интрузиями. В серии Биджавар (Bijawar) широкое развитие имеют кремнистые известняки и железистые песчаники. Среди них имеются лавовые покровы основных пород и дайки, содержащие известные индийские алмазы Голконды.

Верхние горизонты Каддапа лежат несогласно на более древних породах и состоят из кварцитов и сланцев. Система Каддапа, заключающая слабо метаморфизованные породы, несомненно, отложившиеся в геосинклинальных условиях, о чем свидетельствует наличие основных эффузивов и кислых интрузивных тел, должна быть включена в состав протерозоя и приравнена к гуронской системе. Складчатость, имевшую место после отложений слоев системы Каддапа, можно сопоставить с карельской; она была последней. Именно эта складчатость и создала Индийскую платформу, так как вышележащие породы залегают уже горизонтально.

Верхним членом группы Пурана является система Виндиа (Vindya), залегающая горизонтально и несогласно на всех более древних породах.

Нижневиндийские отложения состоят из известняков, сланцев и песчаников с большой примесью вулканического материала. Некоторые из песчаников (Kigpool) являются алмазоносными.

В западной Раджпутане верхняя часть нижневиндийского отдела характеризуется огромным покровом риолитов, связанных с массивами гранитов.

Верхневиндийские отложения залегают слабо несогласно на нижней Виндиа и состоят из песчаников и сланцев и заключают два горизонта с алмазами. В основании верхней Виндиа встречается примитивная фауна брахиопод и остатки водорослей.

Нижняя часть системы Виндиа представляет собой отложения мелкого моря, а верхняя—преимущественно пресноводные отложения. Породы системы Виндиа использованы в замечательных произведениях индийской архитектуры.

После отложения пород виндийской системы наступает огромный перерыв в отложениях, так как все отложения дравидийской группы отсутствуют и непосредственно на Виндиа налегает система Гондвана.

Возраст системы Виндиа—верхний протерозой—она может быть параллелизована с синийской системой Китая, свитой Нама-Трансвааль Южной Африки и другими подобными образованиями.

3. Стратиграфия системы Гондвана

Поверх индийского докембрия залегает система Гондвана, названная по имени царства Гондв в Центральной Индии. Это серия речных и озерных отложений общей мощностью в многие тысячи метров. Гондванские отложения залегают отдельными участками во впадинах, почти всегда оконтуренных сбросами; последние пересекают также и внутренние части этих впадин. Система Гондвана представляет единую серию пород, начавшую отлагаться в верхнем карбоне и закончившую свое образование в середине мела. Она подразделяется на три отдела: нижнюю, среднюю и верхнюю Гондвану.

В основании системы Гондвана залегает серия Талчир (Talchir). Основным ее элементом являются слои с отполированными и исптрихованными валунами. Кроме того, Талчир включает зеленатые глины и песчаники, содержащие неразложившиеся полевые шпаты, что связано с наличием ледникового климата. Эти образования по преимуществу имеют флювиогляциальное происхождение, причем разнос валунов происходил плавающими льдами. Центром оледенения были горы Арравали, откуда льды спустились в различные стороны. Ледниковые отложения прикрываются песчаниками Кархабари (Karhabari) с бедной флорой (*Glossopteris*, *Gondwanidium* и др.). Здесь же встречаются прослой морских отложений с *Eurydesma*. Наличие последней определяет возраст ледниковых образований Талчир, как верхнекаменноугольный.

Выше залегает серия Дамуда (*Damuda*), состоящая из трех свит; нижняя и верхняя свиты, особенно последняя, характеризуются наличием глоссоптериевой флоры и включают слои каменного угля. Средняя же свита не является угленосной, но включает слои железных руд. Слои Дамуда отлагались, очевидно, в аллювиальных и озерных условиях, в зоне влажного и теплого климата, сменившего предыдущую холодную эпоху. Возраст этих отложений пермский; Вадиа их сопоставляет с серией Экка Южной Африки.

На размытой поверхности серии Дамуда располагается серия Панчет (*Panchet*). Эта последняя совместно с сериями Магадева и Парсора составляет средний отдел Гондваны.

Серия Панчет представлена грубыми красными и желтыми песчаниками, конгломератами и глинами; она включает остатки растений—*Schizoneura*, *Glossopteris*, *Thinnfeldia*, амфибий—*Glyptognathus*, рептилий *Dicynodon* и др. Слои Панчет отлагались в обстановке климата гораздо более сухого, чем слои серии Дамуда, о чем говорит цвет пород и бедность растительными остатками. Возраст Панчет—примерно верхняя пермь и нижний триас; по мнению Вадиа, эти породы можно сопоставлять с серией Бофор Южной Африки.

Выше залегает серия Магадева, залегающая слабо несогласно на нижележащих толщах; в возвышенности Сатпура она образует огромный обрыв. Серия Магадева состоит из массивных разноцветных песчаников, железистых и слюдястых глин и конгломератов. В слоях Магадева встречаются остатки амфибий и рептилий, а также растений—*Phyllothesa*, *Glossopteris*, *Thinnfeldia*.

Серия Магадева кроется серией Парсора, в других районах Индии именуемой Малери; это преимущественно глинистая серия с редкими прослоями песчаников. Слои отличаются богатой фауной; мы имеем здесь остатки двоякодышащих рыб—*Ceratodus*, огромных лабиринтодонтов—*Mastodonsaurus*, *Gondwanosaurus*, *Capitosaurus*. Из флоры особенно распространена *Thinnfeldia*. Возраст серии Магадева и Малери (Парсора)—верхнетриасовый; они параллельны серии Стормберг системы Карру.

Верхний отдел системы Гондвана состоит из серии Раджмагал, Джабалпур и Умия. Он состоит преимущественно из массивных песчаников и глин, заключающих прослой угля; в верхних горизонтах отдела проходят прослой известняков.

Серия Раджмагал (*Rajmagal*) состоит главным образом из мощных базальтовых покровов, переслаивающихся с песчаниками и глинами, заключающих флору цикадовых—*Pterophyllum*, *Nilsonia*, папоротниковых *Cladophlebis*, *Coniopteris*, *Taeniopteris*; встречены также остатки хвойных, хвощей и других растительных форм.

Серия Джабалпур (*Jaabalpur*) включает богатую юрскую флору из хвойных с малым количеством цикадовых.

Наиболее высокая серия системы Гондвана—Умия (*Umia*) развита в районе Кач (*Cutch*) близ устьев Инда. Породы этой серии переслаиваются с морскими отложениями, заключающими нижнемеловую фауну. Растительные остатки принадлежат хвойным (*Araucarites*), цикадовым (*Williamsonia*) и папоротникам (*Cladophlebis*, *Taeniopteris*). Возраст слоев верхнего отдела системы Гондвана—юрский, причем слои Раджмагал должны представлять собой лейас; слои Умия имеют уже нижнемеловой возраст.

Таким образом, система Гондвана представляет собой серию континентальных отложений, отлагавшихся от верхнего карбона до нижнего мела с отчетливым перерывом в среднем триасе. Здесь видно самое разнообразное сочетание климатических условий. Так, начало системы Гондвана—образование ледниковых отложений, после чего последовало некоторое потепление (*Кархарбарии*), сменившееся появлением жаркого и влажного климата—*Дамуда*. Далее климат становится жарким и сухим (*Панчет*, *Магадева*), после чего намечается сильное увлажнение, приуроченное ко времени отложений слоев верхней Гондваны.

Подобное накопление континентальных отложений, безусловно, имело место на обширном материке, где протекали крупные реки и существовали значительные озерные водоемы.

4. Стратиграфия мезозойских и кайнозойских образований

В устье Инда, в пустынной местности Кач (*Cutch*) развиты морские отложения мезозоя, представляющие собой осадки небольшой трансгрессии, затронувшей западный угол Индийской платформы.

Юрские отложения начинаются свитой *Патчам* (*Patcham*), сложенной серыми и желтыми известняками и песчаниками с *Trigonia* и *Orreilia serrigera*, мощностью в 300 м; фауна показывает, что мы имеем дело

с б а т о м, в котором и появляется море в этом углу Индии. Выше залегают свита Х а р и (Chari)—сланцы и оолитовые известняки с *Macrocephalites macrocephalum* и *Peltoceras athleta* (300 м). Мы можем легко узнать в этих отложениях к е л л о в е й. Эти слои покрываются свитой К а т р о л ь (Katrol), сложенной глинами и железистыми песчаниками с *Macrocephalites maya*, *Aspidoceras* и *Perisphinctes*. Эти породы, в которые вклиниваются пресноводные отложения, имеют также мощность в 300 м и могут быть приравнены к к и м е р и д ж у.

Серия пород Кач заканчивается 900-метровой свитой У м и я (Umia) с *Trigonia* и *Perisphinctes*, отвечающей порتلанду и нижнему мелу. Отложения этой свиты, как мы уже видели, переслаиваются с отложениями верхних горизонтов системы Гондвана. В серии Кач присутствует сначала типичная европейская фауна аммонитов; в кимеридже развивается из нее местная фауна, а сверху начинает появляться фауна, имеющая, несомненно, восточное происхождение. Крайне интересно, что среди континентальной свиты Раджмагал имеются прослой морских келловейских отложений, вклинивающихся в нее с востока. Последнее имеет очень важное значение, так как показывает, что в начале верхнеюрской эпохи началось опускание материка в районе современного Бенгальского залива, что не имело места ни разу до этого времени.

Меловые отложения развиты по восточному побережью Индии, где они выражены свитами У т а т у р, Т р и х и н о п о л и, А р и я л у р, Н и н н и у р, не совпадающими с обычными ярусами европейской схемы.

Свита У т а т у р (Utatur) сложена сланцами, глинами и коралловыми известняками с *Mortoniceras inflatum* внизу (верхний альб), *Mammites concoliat* в середине (сеноман) и *Inoceramus labiatus* сверху (турон). Фауна имеет явственно европейский отпечаток.

Свита Т р и х и н о п о л и (Trichinopoli) сложена песчано-глинистыми отложениями с прослоями известняков, песчаников и остатками древесины с фауной тихоокеанского типа—*Gaudryceras*, *Kosmaticeras*. Эти слои представляют верхи турона, коньяк и сантон.

Свита А р и я л у р (Ariyalur) сложена песками и известняками с *Trigonia galdarina*, *Pachydiscus*, *Baculites*; эти слои имеют примерно м а а с т р и х т с к и й возраст. В это время снова возобновляется европейское влияние.

Свита Н и н н и у р (Ninnur) включает *Nautilus danicus* и *Orbitoides*, что заставляет относить ее к датскому ярусу.

Верхнемеловые отложения восточного побережья Индии характеризуются наличием вначале европейской фауны, а затем появлением тихоокеанской, встречающейся с первой совместно. В конце мела европейское влияние снова преобладает. Вместе с тем индийская верхнемеловая фауна отличается отсутствием распространенных в Африке неоцератитов, нет семейства *Chamidae* и рудистов.

Таким образом, на месте Бенгальского залива в верхнемеловую эпоху создан устойчивый морской бассейн, указывающий на наличие крупных опусканий материка и образование Индийского океана примерно в современных очертаниях, что и позволило появиться в Индии тихоокеанской фауне аммонитов.

Верхнемеловые отложения имеются и на западном побережье Индии— в районе Бомбея, где на небольшой площади распространены отложения а л ь б а и с е н о м а н а с чисто европейской фауной.

В центральной Индии поверх фундамента платформы залегают близ Джабалпура слои Л а м е т а, сложенные глинами, песчаниками, известняками, с пресноводной фауной моллюсков и рыб. В этих породах была

найдена обширная фауна динозавров—Titanosaurus, Antarcosaurus, Indosuchus, Lametisaurus, Laplatosaurus. Родовой состав этой фауны сближает ее с фауной динозавров Мадагаскара, Южной Африки и Южной Америки и заставляет искать в верхнем мелу сухопутных сообщений между этими материками, что представляет для верхнего мела очень большую проблему, так как для этой эпохи характерны, наоборот, очень крупные опускания как в Индийском, так и в Атлантическом океанах. Возраст свиты Ламета—приблизительно турон, хотя, по данным Вудворда, ее следует отнести к датскому ярусу.

Громадное распространение на Индийской платформе имеют грандиозные базальтовые покровы, мощностью до 2000 м, известные под именем «деканских траппов». Они занимают область Раджпутана и площадь полуострова, ограниченную с севера линией Сурат—Партабгар—Джабалпур; на востоке они доходят до Нагпура, а на юге до Гоа.

Траппы представляют собой авгито-базальты, весьма однородного состава, изливавшийся из трещин, образовавшихся в связи с растяжением земной коры в эпоху особенно значительных опусканий в Индийском океане. Они переслаиваются пресноводными отложениями с остатками моллюсков и флоры, среди которой встречаются эоценовые пальмы. Современные данные показывают, что начало излияния базальтов не могло происходить ранее датского века, с наибольшей же напряженностью излияния происходили в эоцене.

В Раджпутане развиты пестрые глины с гипсом свит Раникот и Лаки и нуммулитовые известняки.

5. Тектоника

Структура Индийской платформы очень проста: в ее основании мы имеем складчатый докембрийский фундамент, поверх которого залегают горизон-



Рис. 20. Разрез через Гондванский бассейн в районе Сатпура:
1—археозой, 2—Талчир, 3—Дамуда, 4—Магадева, 5—Малери, 6—Джабалпур,
7—Деканские траппы

тальные слои континентальных отложений и деканские траппы. Фундамент платформы испытал изгибы большого радиуса и рассечен расколами;

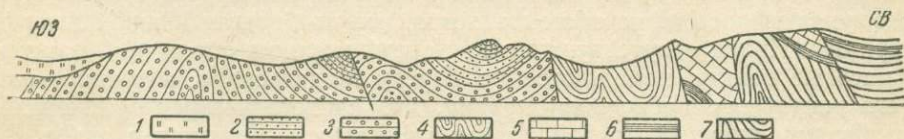


Рис. 21. Профиль через Предгималайский прогиб (из Рида):
1—адлювий, 2—Верхнесивалинская свита, 3—Среднесивалинская свита, 4—Нижнесивалинская свита, 5—эоцен, 6—мезозой, 7—докембрий

ими же оконтурена платформа и в настоящее время (рис. 20). На севере располагается мощное опускание Индо-Гангского предгорного прогиба, начавшего погружаться в палеогене (рис. 21).

V. ПРОБЛЕМА ГОНДВАНЫ

1. Материк Гондваны и доказательства его существования

В геологической литературе весьма прочно укрепилось представление о том, что в Южном полушарии в течение палеозоя и мезозоя существовал обширный материк, объединявший Бразильскую, Африканскую, Индийскую и Австралийскую платформы. Это объединение было сделано впервые на основании зоогеографических и фитогеографических данных. Отмечалось чрезвычайно большое сходство флоры этих отдаленных друг от друга материков, представленной глоссоптериевым типом растительности, возникшей по соседству с огромными ледниковыми покровами. Флоры триаса и юры не могут идти в счет, так как они построены достаточно однообразно почти на всем земном шаре.

Фауна пресмыкающихся перми и триаса оказывается весьма сходной на этих материках, что заставляет признавать необходимость непосредственного общения и миграции фауны по суше.

Геологические доказательства существования Гондваны сводятся, во-первых, к тому, что на всех этих материках находятся следы огромных ледниковых покровов, приуроченных к одному и тому же геологическому моменту—верхнему карбону. В связи с этим выдвигалось предположение о существовании в это время гигантского ледникового покрова, обнимавшего почти все Южное полушарие.

Другими геологическими доказательствами являлось сходство осадкообразования на южных материках в верхнем палеозое и триасе. Кроме того, указывалось на то обстоятельство, что по берегам Южной Америки, Африки и Индии отсутствуют всякие следы морских отложений палеозоя. Триасовые осадки появляются по берегу Мадагаскара, а юрские—вдоль всего восточного побережья Африки, что свидетельствует о начавшемся разобщении прежней единой материковой массы. Начиная с альба, морские отложения появляются по всем современным берегам южных материков, что являлось доказательством распада Гондваны в верхнем мелу.

Общность фауны примитивных приматов-лемуров между Мадагаскаром и Индией обратила на себя внимание зоогеографов и геологов еще в середине прошлого столетия. Благодаря этому создалось представление о былом существовании особого материка—Лемурии, соединявшего между собой Мадагаскар и Индию.

Первые представления геологов о событиях, вызвавших прекращение существования Гондваны и распад ее на современные области суши, сводилось к гипотезе обрушения соединительных звеньев—мостов, вызвавшего

изоляция отдельных частей Гондваны. Характер структуры обрушившихся частей при этом не рассматривался.

Другая точка зрения, чрезвычайно распространенная в Америке, имеет по сравнению с вышеизложенной прямо противоположный характер. Согласно этой гипотезе, океанические впадины перманентны, а, следовательно, также и материки; очертания этих последних весьма мало изменились за геологическую историю. При таких представлениях идея о Гондване вообще не могла иметь место и последняя, естественно, никогда не существовала. Но так как последователи и этой гипотезы должны были признать наличие между современными материками Южного полушария определенной биогеографической общности, то возникли чисто компромиссные установки. По представлениям Уиллиса, существовали между материками узкие перемычки суши вроде современной Центральной Америки и Панамы; он проводит эти мосты по линиям современных подводных возвышенностей.

Теория перманентности океанов—теория чисто статическая, глубоко антидиалектическая и не отвечающая современному фактическому материалу.

По Кoberу, все современные материки-кратогены оконтурены геосинклинальными поясами, которые он устанавливает между Южной Америкой и Африкой и между последней и Индией. Эта точка зрения имеет много преимуществ перед изложенными выше гипотезами, так как она предусматривает определенный ход развития земной коры.

Наиболее радикальной гипотезой является гипотеза Вегенера, согласно которой все южные материки до карбона представляли собой единую компактную массу суши, которая в дальнейшем распалась благодаря плаванию материков по симатическому поясу. Притом Южная Америка отплыла на запад, Индия далеко сдвинулась на север, Африка также передвинулась к северу, Австралия же плывет на северо-восток. Эта гипотеза имеет чисто механистический характер и противоречит ряду геологических фактов и потому никоим образом не может быть принята.

Наша точка зрения на историю развития Гондваны вытекает из всех тех данных, которые изложены выше, и из наших представлений о значении и направлении развития геосинклинальных областей.

Отметим прежде всего, что у целого ряда западноевропейских геологов (Кренкель, Клоос, Штауб, Космат и др.) имеется тенденция рассматривать развитие Южного полушария совершенно оторванно от развития других частей земного шара. Если в Северном полушарии развитие шло путем превращения геосинклинальных прогибов в складчатые сооружения и в дальнейшем в платформы, то в Южном полушарии господствовали разломы, колоссальные опускания и превращение раздробленных платформ в океанические впадины. Здесь налицо отсутствие представления о развитии земного шара в целом, об его направленности и законах жизни земной коры.

Указанная выше общность флоры, фауны и характера осадкообразования в верхнем палеозое заставляет признавать, что Южная Америка, Африка с Аравией и Индия представляли собой единую массу суши, подобно тому как примерно в это же время существовал единый материк в Северном полушарии от Кордильер на западе до Лены на востоке.

Присоединение к таким образом установленной Гондване Австралии вызывает сильнейшие сомнения, о чем будет далее сказано.

Нам достаточно ясно также, что Гондвана начала распадаться на востоке в юре, а на западе в мелу. К концу мелового периода Гондвана прекратила, по видимому, свое существование.

Нам очень неясны судьбы всего этого пространства до верхнего палеозоя. Наличие единой монолитной докембрийской платформы от Анд до Ганга маловероятно, и, повидимому, Гондвана в такой форме никогда не существовала. Можно сделать предположение, что докембрийские платформы, входившие в состав Гондваны, имели примерно те же очертания, что и в настоящее время.

2. Палеозойское формирование Гондваны

Наличие каледонского складчатого пояса в Андах и возможное присутствие каледонских структур в Бразилии, Сахаре и Конго заставляют предполагать вероятное развитие Каледонского складчатого сооружения в южной части Атлантического океана, возникшего на основе нижнепалеозойского геосинклинального режима. При принятии этого постулата нам значительно легче будет объяснить мезозойскую историю Гондваны и наличие современных океанических впадин.

Гораздо менее ясны древние судьбы западной части Индийского океана; и здесь возможно наличие Каледонского сооружения.

Можно себе представить, что в середине силура Бразильская, Африканская и Индийская платформы спаялись в общую платформу Гондваны, точно так же как создалась в Северном полушарии Лавренто-Россия путем превращения североатлантических складок в платформу Эрия и соединения ими Северо-Американской и Русской платформ. Появление в верхнем силуре на юге Африки грубообломочного материала свидетельствует о резком вздымании каледонских хребтов в геосинклинали Нерейс.

В результате этого процесса создался обширный материк, на пространстве которого широко распространилась глоссоптериевая флора, являющаяся не чем иным, как флорой умеренного пояса Южного полушария. Широкое распространение получили также фауны наземных позвоночных, свойственные всей Гондване в целом с отдельными местными отличиями различных ее частей.

Одной из крупнейших проблем, связанных с существованием Гондваны, является вопрос о верхнепалеозойском материковом оледенении, существование которого является совершенно несомненным.

Нужно отрицательно относиться ко всем гипотезам единого материкового ледникового покрова, переходившего даже через экватор, так как оледенение Талчир в Индии располагалось в Северном полушарии. Скорее всего имели место очень крупные ледниковые покровы, но изолированные друг от друга. Связаны они были, вероятнее всего, с крупными поднятиями платформы в эпоху герцинского орогенеза, происходившего к югу от Гондваны.

Сильно приближенное к экватору расположение оледенений следует, на наш взгляд, объяснить смещением платформ в северном направлении в эпоху альпийского орогенеза, вызвавшего отрыв платформы бывшей Гондваны от Антарктиды.

Повидимому, в результате герцинской складчатости в Нерейсе создалась обширная суша, доходившая до Антарктиды или отделенная от нее незначительными морскими бассейнами, что в сильной степени способствовало появлению ледниковых покровов.

Наименее понятно появление оледенения в Индии, лежащей в тропической полосе; с натяжкой оно может быть объяснено лишь высоким гипсометрическим положением страны при резко выраженной влажности климата.

3. Мезозойская история и распад Гондваны

Целостное существование Гондваны может быть прослежено в течение верхнего палеозоя и отчасти триаса. Однако следует указать, что в самом начале перми имели место небольшие трансгрессии холодного моря, принесшие на Гондвану фауну *Eurydesma* и *Conularia*. Эта трансгрессия всюду появляется в момент исчезновения ледниковых покровов и, возможно, может быть объяснена общим евстатическим поднятием уровня океана в связи с появлением ледников. Наличие этих трансгрессий показывает проникновение моря к северу вдоль берегов Южной Америки, его существование у самых берегов Южной Америки и появление его каким-то путем в Индии. Эти трансгрессии явно были временными; они лишь указывают, что море располагалось недалеке от современных краев южных платформ.

Второе появление моря приходится на верхнюю пермь (залив у Ла Платы и морские отложения Кении). Очевидно, в это время между Африкой и Южной Америкой постепенно шло опускание с юга, а к востоку от Африки—с севера.

В триасе не видно каких-либо изменений в южной части Атлантического океана; если они и были, то это имело место в срединной части современного океана. Иначе дело обстоит на востоке, где триасовое море проникает вдоль восточного берега Африки, касаясь при этом западных берегов Мадагаскара. Обычно рисуют это море в виде длинного и узкого залива, замыкающегося в Мозамбикском проливе. Появление индийской фауны свидетельствует о наличии широкого сообщения с Тетисом района Гималаев.

В связи с этим и наличием прогиба вдоль Африки, вероятно, имело место довольно обширное опускание к западу от Индии, унаследовавшее, очевидно, древние нижнепалеозойские опускания этой области. Оно имело, повидимому, характер обширного прогибания платформенного типа вроде мезо-кайнозойского опускания Герцинской платформы в Западной Сибири. Следовательно, цельность и монолитность материка Гондваны уже была нарушена.

Несомненно, что в юре существовала береговая линия между Марокко и Венецуэлой, вдоль которой мигрировала европейская фауна в область Андской геосинклинали. Однако нельзя быть уверенным, что то же самое имело место между Мысом Доброй Надежды и Огненной Землей—в южной части Атлантики вполне мог существовать обширный морской бассейн, может быть, далеко распространявшийся к северу. Появление крупного морского бассейна между Африкой и Индией несомненно: об этом говорит наличие юрских отложений по обоим берегам Мозамбикского пролива, в западной Индии (Кач) и даже по восточному побережью Индии.

Наличие базальтовых излияний в конце триаса и в юре—в Южной Африке, в Эфиопии, в Индии вызывает представление о крупных разломах в области западной части Индийского океана. Эти разломы вызвали опускание скорее всего нижнепалеозойских структур и привели к образованию в этом районе геосинклинальной области, существующей здесь и поныне. Таким образом, Индия была отделена от Африки, что, однако, не нужно понимать так, что не было временных соединений, по которым не мог бы совершаться обмен наземной фауны. По всей вероятности, эта область представляла собой собрание больших и малых островов, которые могли спаиваться в сплошные перешейки, или вытянутые полуострова, временно соединявшиеся между собой.

Крупнейшие изменения имели место в верхнемеловую эпоху (включая сюда и альб). Начинаются прогибы на самом теле докембрийского фунда-

мента между Ливией и Анголой и на восточном побережье Бразилии. Эти опускания не могли бы иметь место, если бы к этому не было весьма побудительной причины. Ее можно видеть в раздроблении и опускании предполагаемого Южно-атлантического Каледонского сооружения. Наличие общей альбской фауны в Бразилии и Камеруне свидетельствует о существовании между ними сплошного морского бассейна, появление которого было связано с крупнейшими погружениями; начало их приходится на альб, а наи-

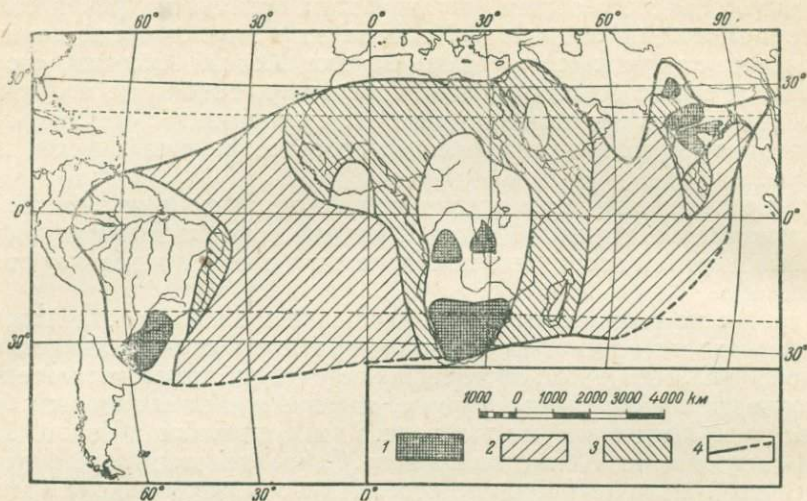


Рис. 22. Материк Гондваны и этапы его развития:

1—области верхнекаменноугольного оледенения, 2—области опускания на фоне нижнепалеозойских структур, 3—верхнемеловые опускания в области докембрийских платформ, 4—примерные очертания Гондваны в верхнем палеозое

большее развитие—на верхний мел (турон—сантон). Эти же погружения, одновременные с крупными прогибами в Альпийской и Индийской геосинклиналях, обусловили затопление всего севера Африки и Аравии верхнемеловым морем. Появление в Бразилии, на Мозамбике и в Индии южнотихоокеанской фауны свидетельствует о совершенно открытом сообщении верхнемеловых бассейнов с Нерейс и Тихим океаном.

Именно к верхнему мелу можно относить распад Гондваны на ее основные докембрийские ядра—Бразилию, Африку, Индию. Повидимому, раскалыванию и погружению подверглись не области докембрийского фундамента, а предполагаемые области каледонской консолидации (рис. 22).

Нужно сделать оговорку, что между Африкой, Мадагаскаром и Индией продолжался и дальше обмен фауны через архипелаги островов и местные мосты суши, которые еще долго оставались непогруженными.

4. Кайнозойская история Африки и Индии

Конец мела и первая половина палеогена ознаменовались крупнейшими излияниями базальтов в Индии, Аравии и Сомали, а также, повидимому, на дне Аравийского моря. Эффузии заняли огромные площади и, очевидно, связаны были с новыми крупными разломами; продолжение образования последних видно в создании системы восточноафриканских сбросов, протянувшихся от Сирии до Замбези. Дальнейшее развитие выразилось в крупных опусканиях вдоль берегов материков, создавших современные их очертания, обрамленные узкими шельфами.

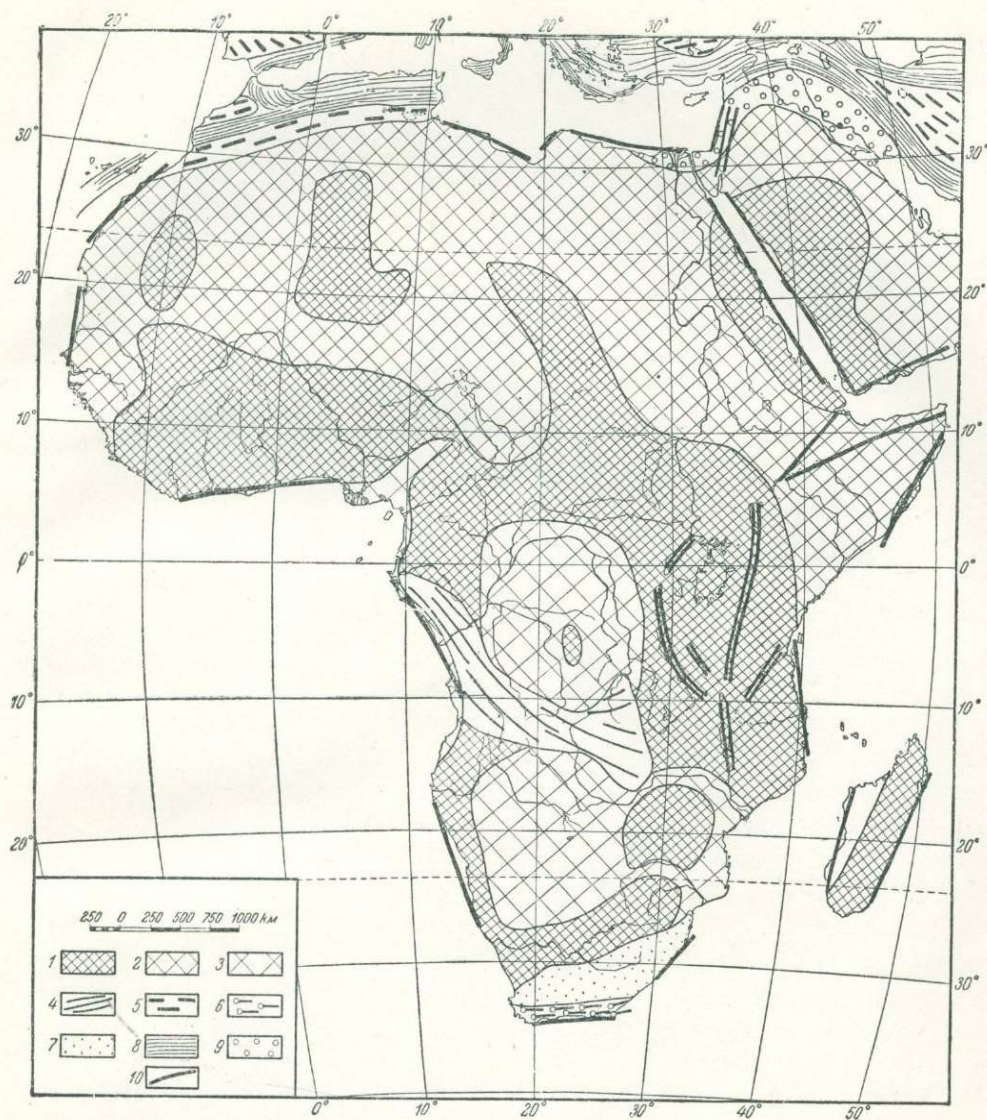


Таблица II. Тектоническая карта Африки.

Условные знаки: 1—докембрийский фундамент Африканской платформы, выходящий на поверхность, 2—области неглубокого погружения докембрийского фундамента, 3—области глубокого погружения докембрийского фундамента, 4—внутриплатформенные каледонские складки, 5—герцинские складки, 6—капские складки, 7—предгорный прогиб Карру, 8—альпийские складки, 9—Месопотамско-Сирийский предгорный прогиб, 10—основные разломы

ЧАСТЬ ШЕСТАЯ

АВСТРАЛИЯ И НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ

1. ОБЩИЕ ДАННЫЕ

1. Рельеф и гидрография

Австралия состоит из двух различных частей: Австралийских Альп и равнинной части материка. Последняя включает самую страшную в мире пустыню, через которую с трудом переходили путешественники; многие из них погибли в ней от невыносимой жары и безводья. Рельеф этой части материка представляет огромную бессточную впадину, отгороженную от океана небольшими возвышенностями. На востоке материка от полуострова Йорк через Квинслэнд, Новый Южный Уэльс и Викторрию протягивается полоса Австралийских Альп, следующих вдоль берега Тихого океана; наиболее высокая вершина этих гор—пик Костюшко—достигает 3 000 м. С этих гор стекает река Дарлинг, сливающаяся в своем нижнем течении с р. Мерреем и впадающая в океан у г. Аделаиды. В центре материка существуют соленые озера, в которые впадают временно пересыхающие реки.

Новая Зеландия состоит из двух островов, разделенных проливом Кука. Оба острова заполнены горами, местами покрытыми снегами; для Новой Зеландии характерны явления современного вулканизма и присутствие многочисленных гейзеров.

К северо-западу от Австралии, отделяясь от нее узким Торесовым проливом, располагается Новая Гвинея—крупный остров, заполненный высокими горами, которые покрыты снегами. Восточнее его расположены острова архипелага Бисмарка, Соломоновы острова, Новые Гебриды, Новая Каледония, а далее на восток архипелаг Фиджи. Эти острова сопровождаются с востока глубочайшими узкими океаническими впадинами.

Между Австралией и упомянутыми островами располагается обширный морской бассейн—Коралловое море, в западной части которого протягивается огромный коралловый барьерный риф. Южнее, между Австралией и Новой Зеландией, простирается так называемое Тасманово море.

2. Основные геотектонические элементы и их характеристика

В Австралии две трети материка занимает Австралийская платформа, докембрийский фундамент которой перекрыт горизонтальными осадочными толщами, как морскими, так и континентальными.

На востоке расположен складчатый пояс Австралийских Альп, состоящий на западе из каледонских складок, а на востоке из герцинских. Новая Гвинея, Новая Зеландия и расположенные между ними островные группы построены из складчатого мезозоя, обрамленного третичными породами.

Морской бассейн к востоку от Австралии (Коралловое и Тасманово моря) имеет характер современной геосинклинали, возникшей в кайнозое после погружения палеозойских и мезозойских складок.

II. АВСТРАЛИЙСКАЯ ПЛАТФОРМА

1. Общие данные

Австралийская платформа занимает всю западную и центральную части материка вплоть до устья Дарлинга на юге и залива Карпентария на севере. Ее западный и южный пределы неизвестны; повидимому, она продолжается несколько далее ее современных очертаний, так как берег Австралии имеет здесь сбросовый характер. На севере она ограничена Восточно-Азиатской геосинклиналью, на западе Индийским океаном, а на юге также океаном—наследником бассейна Нерейс, в котором можно предполагать наличие погруженной складчатой зоны. С востока платформу обрамляют каледонские складки.

Поверх докембрийского фундамента залегают толщи осадочных пород—палеозойские на западе и северо-западе, мезозойские на севере, кайнозойские на юге.

Австралия очень мало исследована, и стратиграфия ее лишь с большим трудом укладывается в рамки общепринятой стратиграфической шкалы.

2. Стратиграфия докембрия

Археозой занимает почти всю платформу и сложен гнейсами, кристаллическими сланцами, кварцитами, яшмами и железными рудами. Среди них развиты громадные массивы гранитов и диоритов.

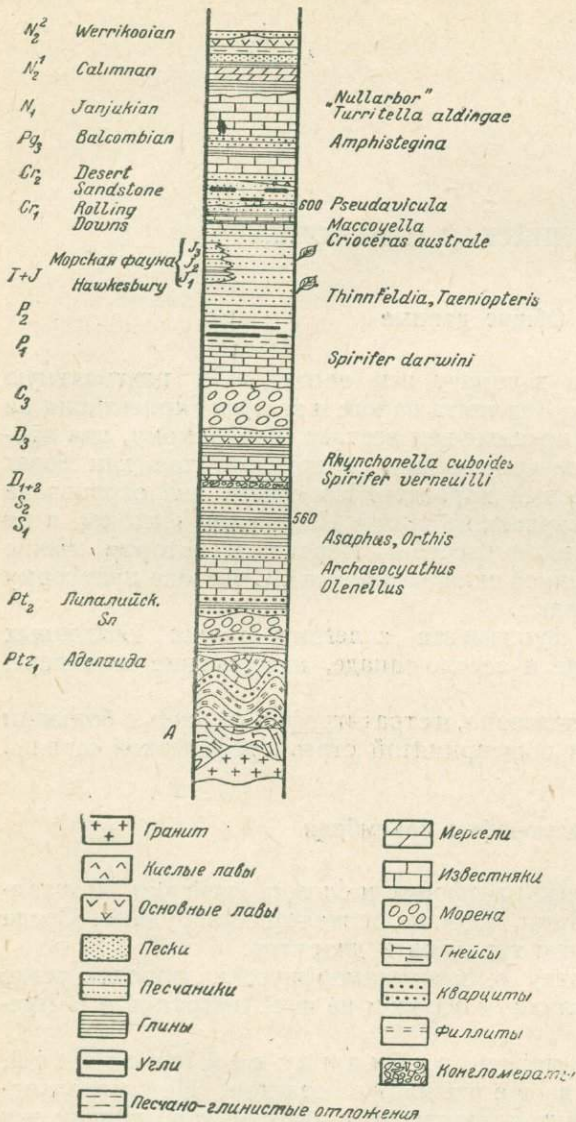
Протерозой залегает на этих высокометаморфических породах резко несогласно и распространен главным образом на юге Австралии у г. Аделаиды (рис. 23).

Нижний протерозой представлен аделаидской системой, состоящей из нижнего и верхнего отделов. Нижнеаделаидские породы состоят из кварцитов, филлитов и известняков, причем эти последние заключают крайне примитивную фауну ракообразных и малоопределимых остатков животных. Это наиболее древняя докембрийская фауна. Несогласно на этих образованиях залегают верхнеаделаидские породы, примерно однопипные с упомянутыми выше; они также заключают примитивную фауну. Все эти отложения являются складчатыми; их можно приравнять гуронской системе, а складчатость назвать карельской.

Несогласно на аделаидской системе залегает липалийская, начинающаяся кварцитами и глинистыми сланцами и заканчивающаяся мощными моренными накоплениями с исстрихованными валунами, встре-

чающимися также среди морских отложений. Это последнее обстоятельство указывает, что льды с материка спускались в море, благодаря чему валуны примешивались к морским илам. Движение льдов было с юга; это указы-

Австралийская платформа



вает на то, что материк далеко еще распространялся в южном направлении. Липалийская система залегает горизонтально на складчатом фундаменте платформы. Эта ее особенность, а также наличие ледниковых образований ставят ее в параллель с такими комплексами верхнего протерозоя, как Синий, Виндия, Нама-Трансвааль и пр.

3. Стратиграфия палеозоя

Кембрийские отложения имеют широкое распространение на западе платформы, где развиты горизонтально залегающие песчаники, известняки и глинистые сланцы с *Protolenus*; на севере развиты известняки с *Olenellus*, покрытые лавовыми покровами. На юге кембрий включает *Olenellus* и *Ptychoparia*. Таким образом, на Австралийской платформе имела очень широкое распространение нижнекембрийская трансгрессия, пришедшая, видимо, с запада, т. е. из Индийского океана.

Силур распространен в бассейнах Дарлингга и Меррея; нижний силур сложен песчаниками и глинами с плеченогими и моллюсками мощностью в 500 м. Присутствие верхнего силура предполагается на западе платформы.

Рис. 23. Австралия и Новая Зеландия. Австралия

Девон имеет очень малое распространение на платформе; в западной части Квинслэнда он представлен пресноводными отложениями с флорой.

Карбон распространен в западной Австралии—здесь развиты известняки нижнего карбона с типичной европейской фауной. В других местах платформы распространены моренные отложения верхнего карбона.

Пермь представлена частично морскими слоями, частично угленосными; последние покрывают верхнекаменноугольные ледниковые образования. Морские слои характеризуются присутствием *Eurydesma*.

4. Стратиграфия мезозоя и кайнозоя

Триас в морском развитии отсутствует в Австралии. Континентальные отложения этого возраста известны в Южной Австралии в составе формации *Хаукесбюри* (*Hawkesbury*), в которой они совершенно не отделимы от юры. Эта формация представлена косвенно-слоистыми песчаниками, красными глинами и слоями углей с флорой. Такое развитие континентальный нижний мезозой имеет в Новом Южном Уэльсе, Виктории, Квинсленде и Тасмании.

Юра в виде морских отложений имеется в Западной Австралии у Перта, где юрские породы занимают узкую полосу вдоль морского побережья. Юрские отложения имеют здесь около 900 м мощности и сложены песчаниками, конгломератами, глинами и известняками. Здесь встречаются аммониты *лейаса*, а также *батские пеллециподы*—*Pseudomonotis echinata* и *Trigonia costata* и *келловейские* *Macrocephalites macrocephalum*. Вся эта фауна имеет типичный европейский характер, что указывает на наличие к западу от современной Австралии морского бассейна, являвшегося продолжением Тетиса.

Меловые отложения очень широко распространены на Австралийской платформе. Нижний мел представлен формацией *Роллинг Даунс* (*Rolling Downs*), сложенной глинами и прослоями мергелей, известняками и глауконитовыми песчаниками до 600 м мощности; они занимают громадное пространство во внутренней Австралии. Фауна представлена местными пеллециподами—*Pseudavicula*, *Mascouyella*; рядом с ними встречаются такие европейские формы, как *Crioceras* и *Desmoceras*. Мы имеем здесь осадки огромной нижнемеловой трансгрессии, что является довольно неожиданным, так как нижнемеловая эпоха характеризуется обычно значительной регрессией.

В центральной Австралии нижний мел слагает громаднейший артезианский бассейн, дающий в скважинах колоссальнейший самоизлив, с чем связана возможность развить в крупном масштабе животноводство в сухих областях Австралии. В районе Перта нижний мел характеризуется фауной европейского типа; очевидно, этот бассейн был обособлен от предыдущего, так как фауна обоих бассейнов резко отличная.

Верхний мел сложен пустынными песчаниками «*Desert Sandstone*» красного, белого и желтого цветов с прослоями пресноводных глин, угля, а также трахитовых туфов. Таким образом, с верхним мелом связана очень крупная регрессия и замена бывшего здесь морского режима озерным и речным.

Палеоген представлен верхними горизонтами «пустынных песчаников». К ним приурочены крупные базальтовые покровы. Южнее, по берегам Большого Австралийского залива, развит *олигоцен*, выраженный горизонтом *Валсомбиан*—известняками, глинами и песчаниками с *Amphistegina*.

Неоген развит также в этом же районе. Он начинается горизонтом *Данжукан*, сложенным лепидоциклиновыми известняками с *Aturia* и *Clupeaster* и покровами базальтов; возраст этого горизонта—*миоцен*. В связи с крайней пористостью известняков поверхностная вода на них не держится и вся область, занятая этими породами, совершенно лишена

растительности. В связи с этим она известна под именем Nullarbor (ни одного дерева).

П л и о ц е н начинается слоями Kalimnan с *Ostrea sturti*; выше развиты речные галечники с большим количеством золота, а также базальтовые покровы. В е р х н и й п л и о ц е н состоит из горизонта Werrikooran, вскрытого бурением в Аделаиде; это морские пески, залегающие в очень узкой впадине древнего рельефа. На западе развиты плиоценовые пресноводные толщи, заключающие бурые угли и переслоенные покровами базальтов.

Обращает на себя внимание широкое развитие в Австралии неогеновых базальтов, что следует, очевидно, ставить в связь с молодыми разломами по краям материка.

5. Тектоника

Структура Австралийской платформы очень мало известна. Центральная ее часть является, видимо, прогнутой, благодаря чему создалась колоссальная синеклиза, вмещающая в себе мощный артезианский бассейн.

III. ВОСТОЧНО-АВСТРАЛИЙСКОЕ СКЛАДЧАТОЕ СООРУЖЕНИЕ

1. Общие данные

Восточно-Австралийское складчатое сооружение занимает восточную часть Австралии и о-в Тасманию. С запада оно прилегает к Австралийской платформе, а с востока оно обрезано берегом Тихого океана. Восточно-Австралийское сооружение сложено каледонскими и герцинскими складками, вытянутыми в меридианальном направлении. С середины карбона был ликвидирован геосинклинальный режим и создались платформенные условия. Несомненно, что до плиоцена складчатое сооружение занимало все пространство к востоку вплоть до Новой Каледонии и Новой Зеландии, после чего между последней и Австралией создан современный геосинклинальный бассейн.

2. Стратиграфия

Силур представлен ордовичскими граптолитовыми сланцами, резко смятыми в складки (рис. 24). Верхний силур залегает на них несогласно и сложен песчаниками и коралловыми известняками с *Phacops*, *Calymene*, *Pentamerus*. Таким образом, здесь имела место каледонская складчатость, закончившаяся до отложения пород с верхнесилурийской фауной.

В Австралии располагается, очевидно, лишь периферическая часть Каледонского складчатого сооружения, распространившегося далеко на восток.

Девон залегает на верхнем силуре согласно и начинается вулканическим комплексом *Snow river*, развитым в провинции Виктория. Здесь имеются покровы риолитов, кварцевых порфиров и агломератов, мощностью до 1 200 м. Кроме того, встречаются здесь эффузии дацитов и щелочных трахитов. Все это прорезано интрузиями гранитов и гранодиоритов и кварцевыми жилами, крайне богатыми золотом. Весь этот вулканический комплекс относится к нижнему девону.

Средний девон (*Buchan*) сложен известняками и лавовыми покровами—порфирами; в этой толще встречаются *Spirifer leavicosta* и *Respectaculites*. Верхний девон сложен песчаниками и конгломератами с флорой и покровами мелафиров. Таким образом, в Австралии трансгрессия приходится на средний девон, а в верхнем девоне создаются континентальные условия в связи с герцинским орогенезом.

Севернее — в Новом Южном Уэльсе — нижний девон сложен также вулканическими породами; средний девон там представлен известняками с переслоями сланцев и туфов до 1 500 м мощности, прикрытыми темными сланцами и туфами в 200 м мощности.

Верхний девон Уэльса состоит из кварцитов, песчаников, красных сланцев и конгломератов до 3 000 м мощности. Эти породы, имеющие континентальное происхождение, заключают прослои с морской фауной —

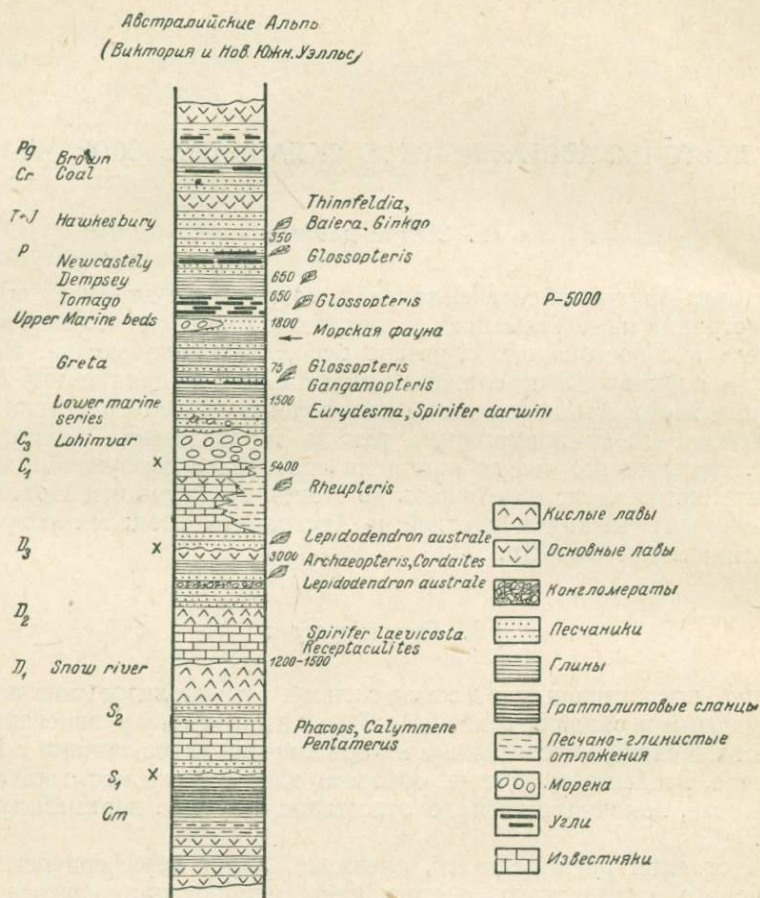


Рис. 24. Австралия и Новая Зеландия. Австралия

Spirifer verneuili и *Rhynchonella pleurodon* — европейского типа. Характер этих отложений и их мощность заставляют полагать, что верхнедевонские отложения образовывались в зоне предгорного прогиба, само же складчатое сооружение создавалось к востоку отсюда.

В Квинсленде среднедевонские отложения имеют очень большое распространение, верхний девон, так же как и в других частях Восточной Австралии, выражен континентальными отложениями.

Карбон залегает на девоне несогласно, чем определяется основная фаза герцинской складчатости как бретонская.

Нижний карбон представлен континентальными песчаниками с флорой *Lepidodendron australe*, которые переслаиваются с морскими отло-

жениями, а также с лавовыми покровами. Здесь имеются риолиты, гиперстеновые андезиты и кварцевые порфиры мощностью в 4 500 м.

Верхний карбон лежит на этом комплексе пород несогласно, что указывает на дополнительные складчатые движения в среднем карбоне.

На этом заканчивается геосинклинальное складчатое развитие Восточной Австралии; в результате герцинской складчатости создается платформа, доходившая на востоке до Новой Зеландии.

Платформенный комплекс пород начинается широко распространенной мореной Lohimvar, имеющей верхнекаменноугольный возраст.

Пермь начинается «нижними морскими отложениями» (Lower Marine beds), лежащими непосредственно на морену: это песчаники с *Eugydesma* и *Spirifer darwini*, среди которых встречаются ледниковые валуны; мощность этих слоев достигает 1 500 м.

Над ними залегают слои Greta, состоящие из глин, песчаников и конгломератов с углями и остатками глоссоптериевой флоры, мощностью в 75 м.

Выше идут «верхние морские слои» (Upper Marine beds)—песчаники и глины, в которые вклиниваются моренные образования. Мощность этих слоев 1 800 м.

Над ними залегают слои Tomago—угленосная свита с *Glossopteris*, мощностью в 650 м. Они кроются отложениями Dempsey—глины, отличающиеся слабым развитием угленосности и остатками флоры.

Пермские отложения заканчиваются слоями Newcastle, сложенными песчаниками, глинами, конгломератами с прослоями углей и остатками флоры, мощностью в 350 м. Общая мощность пермских отложений в южной части Австралийских Альп достигает 5 000 м. Столь значительная мощность и наличие обломочных угленосных фаций заставляют предполагать, что вся эта серия пород отложилась в предгорном прогибе поднимавшегося складчатого сооружения.

Характерно, что в нижней перми было не менее двух оледенений и двух наступлений моря. Ледники спускались в море, очевидно, с возвышенной суши.

На севере Австралийских Альп имела место обширная нижнепермская трансгрессия со *Spirifer darwini* и *Productus brachytaerus*, слои которой также обогащены ледниковым материалом. Верхняя пермь в этих районах сложена угленосными толщами. Таким образом, нижняя пермь—время оледенений, чередовавшихся с теплыми периодами, в течение которых развивалась богатая флора, причем создавались благоприятные условия для углеобразования.

Триас и юра сложены упомянутой выше континентальной формацией Hawkesbury.

К мелу относятся морены очень крупного аптского оледенения—единственный случай наличия среди меловых отложений ледниковых образований.

3. Тектоника

Восточно-Австралийское складчатое сооружение на западе является каледонским, основной орогенез имел здесь место в середине силура. Вдоль края докембрийской платформы Австралии проходила периферическая зона каледонского сооружения, распространявшегося далеко на восток.

Крайне мощные орогенические движения имели место на границе девона и карбона; энергичное складкообразование сопровождалось здесь

чрезвычайно напряженным вулканизмом. В связи с этим становится понятно развитие континентальных отложений в верхнем девоне и нижнем карбоне. Меньшего масштаба проявления складчатости приходится на средний карбон. После этого вся складчатая зона превращается в обширную платформу, доходившую до Новой Каледонии и Новой Зеландии.

В третичное время имеют место крупные разломы, с чем были связаны очень значительные базальтовые излияния (рис. 25).

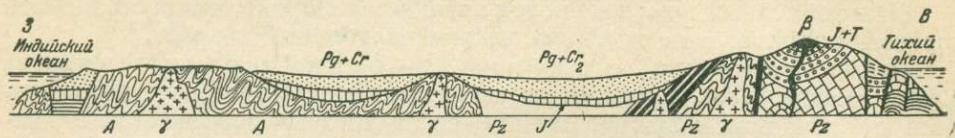


Рис. 25. Разрез через Австралию (из Рида)

Альпийский цикл ознаменовался крупными сводовыми поднятиями палеозойских структур, что также сопровождалось разломами и излияниями базальтов. К этому времени относится опускание всей восточной части складчатого сооружения.

IV. НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ

1. Стратиграфия

В стратиграфии Новой Зеландии выделяют системы Аорере, Матай, Батон Ривер и Нотоцен.

Система Аорере (Aorege) сложена мраморами и граптолитовыми сланцами нижнего силура, подвергшимися интенсивной складчатости, имевшей место одновременно с каледонской складчатостью Австралийских Альп (рис. 26).

Система Батон Ривер (Baton River) залегает резко несогласно на Аорере. Она сложена синими известняками с *Calymene*, *Willsonia* и битуминозными сланцами. Возраст этой системы определяется как верхний силур и нижний девон.

Система Матай (Matai) начинается метаморфическими породами, прикрытыми известняками со *Spirifer bisulcatus* и *Sp. glaber*; слои эти имеют нижнекаменноугольный возраст. Конец карбона и пермь характеризуются присутствием моренных образований, причем особенно широко распространены морены пермского возраста. Выше залегают континентальные отложения с флорой триасового типа, на востоке же развиты прибрежные отложения верхнего триаса с *Pseudomonotis ochotica*. Выше развиты песчаники и мергеля с *Psiloceras* и *Dactyloceras*, относящиеся к лейасу; выше сходные породы включают фауну доггера и мальма. В конце юры имела место очень крупная складчатость, создавшая основную складчатую дугу, идущую от Новой Зеландии через Новые Гебриды к Соломоновым островам.

Система Нотоцен (Notocene) залегает на резко складчатой системе Матай несогласно, причем ее слои располагаются уже почти горизонтально. Здесь развиты конгломераты, песчаники и известняки в 3 000 м мощности с *Inoceramus concentricus* и *Gaudryceras*; здесь же значительное развитие имеют вулканические породы. Эти отложения имеют альбский и верхнемеловой возраст. Фауна кампана и маастрихта, представленная *Kossmaticeras* и *Gaudryceras*, имеет очень много общего с фауной верхнего мела Анд. Вероятно, береговая полоса верхнемелового моря тянулась от Новой Зеландии вдоль Антарктиды к Америке, по которой и шло распространение фауны.

Над верхнемеловыми толщами развиты угленосные толщи палеогена. Над ними залегает свита Оамуру (*Oamuru*), представленная различными пресноводными отложениями и осадками эстуариев; кроме того мы имеем в этой свите известняки с *Amphisthegina*, нефтеносные глины,

Складчатость в этой зоне имела место в конце юры и нижнем мелу. В результате создано мощное складчатое сооружение, обрамлявшее с востока палеозойскую платформу. После складчатости имели место новые погружения, разломы и опускания, благодаря чему от складчатого сооружения остались отдельные части. Третичные отложения Новой Зеландии подверглись новейшей складчатости, сопровождавшейся напряженными вулканическими явлениями, продолжающимися и поныне.

V. СИНТЕЗ АВСТРАЛИИ И НОВОЙ ЗЕЛАНДИИ

1. Образование Австралийской платформы

Складчатость в археозое и нижнем протерозое создала обширную платформу одновременно с тем, когда создавались и другие платформы с докембрийским фундаментом. Ее величина была, вероятно, более современной, так как наличие сбросовых берегов и базальтовых покровов указывает на то, что на западе и на юге части ее ныне опущены под уровень океана. Горизонтальное залегание липалийских слоев показывает, что формирование платформы было закончено к началу верхнего протерозоя.

2. Образование палеозойской платформы

В нижнем палеозое, к востоку от докембрийской платформы Австралии, располагалась обширная геосинклинальная область, доходившая на востоке до базальтово-перидотитового основания дна Тихого океана.

Складчатость в этой области имела место между верхним и нижним силуром. Простириание складок было меридианально; на юге же каледонские складки отгибались в юго-западную и даже западную сторону, благодаря чему Каледонский складчатый пояс уходил в область океана Нерейс.

На севере складки принимают северо-западное простириание и уходят под мезозойские складки Новой Гвинеи, направляясь в Восточно-Азиатскую геосинклиналь. В результате каледонского орогенеза создается платформа, подвергающаяся раздроблению, что приводит к мощным эффузиям преимущественно кислых пород, свидетельствующим о весьма глубоком расположении очагов основной магмы и длительном процессе ее расщепления. Платформа эта просуществовала недолго; каледонские складки вновь были опущены и опять создался геосинклинальный режим, причем область, им занятая, несколько сместилась к востоку. Герцинская складчатость с теми же простирианиями разразилась в основном между девоном и карбоном, а в Новой Зеландии—в среднем карбоне. Эти складкообразовательные движения сопровождались крайне интенсивным развитием вулканизма.

3. Образование мезозойской складчатой зоны и кайнозойское развитие Австралии и Новой Зеландии

С конца триаса начинается формирование обширного геосинклинального пояса, протянувшегося от Новой Зеландии к северу и захватившего область островов Фиджи, Новых Гебрид, Соломоновых островов, Новой Каледонии и Новой Гвинеи.

В конце юры и в нижнем мелу на месте этой геосинклинали создается мощное складчатое сооружение. Складки начинаются от Земли Виктории на Антарктиде и протягиваются в северо-восточном направлении через Новую Зеландию к островам Тонга и Фиджи. В этом районе происходит разветвление, и крупный дугообразный изгиб складок направляется от Новой Зеландии на Новую Каледонию, а от островов Фиджи на Новые Гебриды и Соломоновы острова. Обе эти линии складок сходятся на Новой Гвинее, откуда мезозойские складки переходят на Филиппины.

Таким образом, обширная платформа Австралии с докембрийским и палеозойским фундаментом оказывается обрамленной с северо-востока иеншанскими складками, доходившими до базальтово-перидотитового основания дна Тихого океана. На контакте с последним образовались глубочайшие узкие впадины океана Кермедек и Тонга с глубинами до 10 000 м, некомпенсированные осадками.

Кайнозой ознаменовался разломами докембрийской платформы на западе и юге, что сопровождалось крупнейшими излияниями базальтовых лав. Обширнейшее опускание произошло на востоке: мезозойское складчатое сооружение было опущено до вершин горных хребтов, которые выступают ныне из вод моря в виде островов, соединенных между собой подводными гребнями. К западу от этих затопленных складчатых гор создалось обширное поле опускания, отделяющее ныне Австралию от архипелагов островов (Коралловое и Тасманово моря). Этот обширный морской бассейн имеет все свойства современной геосинклинали, в качестве таковой он был признан Беммеленом. Таким образом, после последовательно проходивших складчатостей—каледонской, герцинской и иеншанской—в недавнее время образовался новый геосинклинальный пояс. В последнем стали создаваться первоначальные простые складчатые структуры, захватывающие неогеновые и четвертичные отложения.

Обращают на себя внимание современные явления вулканизма в Новой Зеландии.

Таким образом, мы имеем следующие этапы развития Австралии:

1. Образование на западе докембрийской платформы, по размерам превышающей современную.
2. Создание Каледонской платформы к востоку от нее вплоть до Новой Зеландии и Новых Гебрид.
3. Новое погружение и создание верхнепалеозойской геосинклинальной области, на месте которой вновь формируется складчатое сооружение, в связи с чем вновь создается обширная палеозойская платформа, спаянная в одно целое с докембрийским островом Австралии.
4. Мезозой характеризуется новым развитием геосинклинального режима на востоке, западный предел области развития которого трудно устанавливается, но, видимо, он достигал о-ва Норфолк и Новой Каледонии.

В этом поясе создается оконтуривающее платформу мезозойское складчатое сооружение и воздвигается обширная горная система.

5. Последним этапом развития Австралии было образование обширной геосинклинальной области, ныне находящейся в состоянии своего развития, захватившего почти всю палеозойскую платформу. Остатки ее в восточной Австралии испытали крупные сводовые поднятия, что создало рельеф Австралийских Альп.

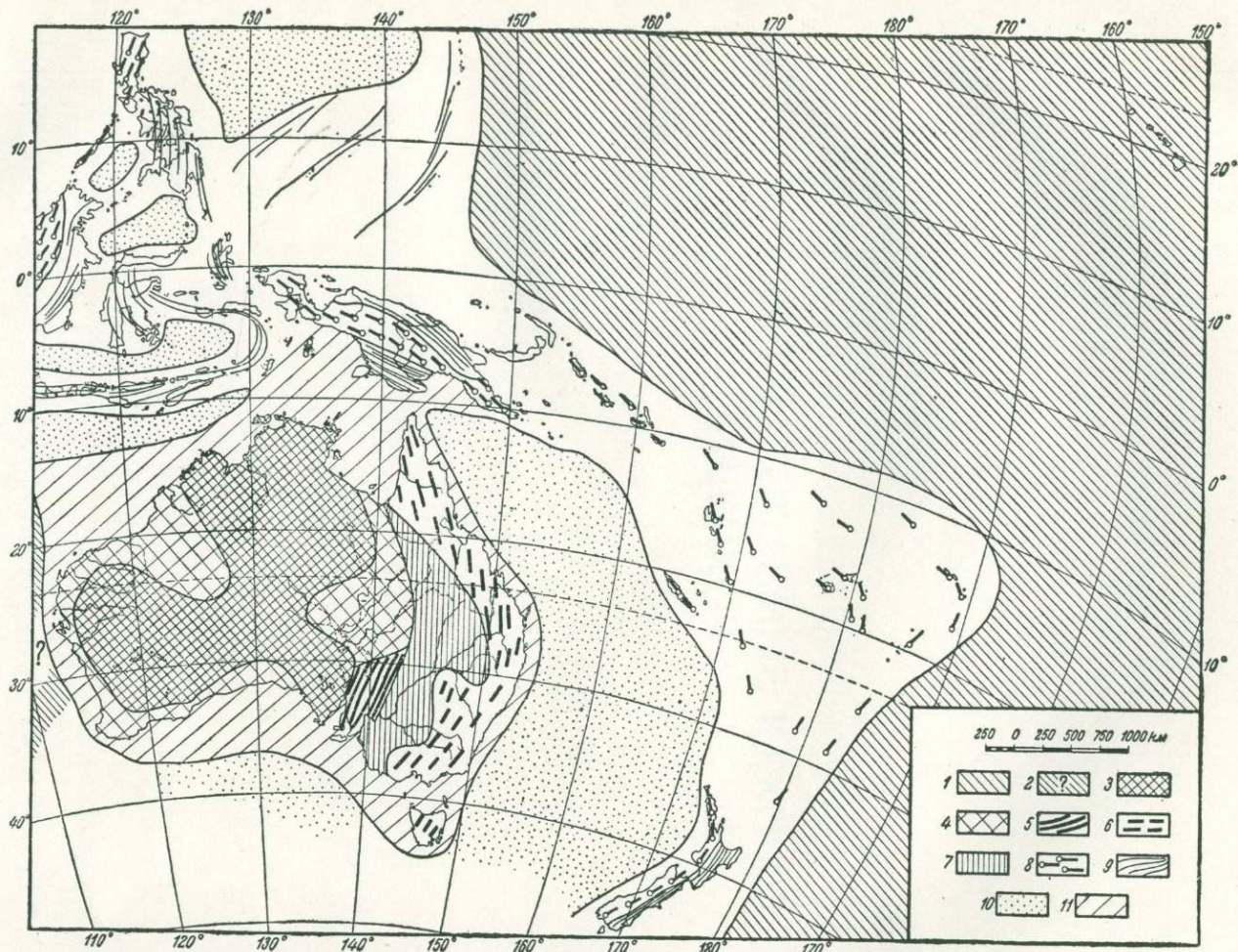


Таблица III. Тектоническая карта Австралии.

Условные знаки: 1—симпатическая область Тихого океана, 2—то же, восточной части Индийского океана, 3—докембрийский фундамент Австралийской платформы, выходящий на поверхность, 4—то же под покровом осадочных пород, 5—каледонские складки, 6—то же, перекрытые осадочным покровом, 7—мезозойские складки, 8—альпийские складки, 9—океанические бассейны океанического типа, 10—опущенные под уровень океана участки докембрийской платформы

ЧАСТЬ СЕДЬМАЯ
ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ ЮЖНЫХ
МАТЕРИКОВ

І. ЮЖНАЯ АМЕРИКА

В государствах, расположенных вдоль андской складчатой системы, имеется весьма значительное количество рудных месторождений, образовавшихся в эпоху формирования андских складок, т. е. в юре и верхнем мелу.

В Колумбии широкое распространение имеет золото, привлекавшее испанцев в эпоху открытия Америки и имеющее преимущественно россыпной характер; такой же характер имеют здесь и месторождения платины, составляющие основное богатство этой страны. Следует отметить большое количество изумрудов.

В Эквадоре развиты месторождения марганца. Боливийские Анды заключают огромное количество серебра, а также олова, определяющее мировое значение Боливии в экономике этих металлов. Крайне значительны и богаты также месторождения вольфрама, сурьмы и висмута; кроме того, можно отметить наличие свинца, цинка, меди и селена.

В Перуанских Андах очень широко распространены полиметаллические руды (медь, свинец, цинк, золото).

В Чили огромное распространение имеют медные руды, благодаря чему эта страна занимает второе место в мире по добыче меди.

Железо имеется в Перу и Чили; это по преимуществу пластовые месторождения.

Таким образом, зона Анд включает громадное количество цветных металлов, входя в состав огромного тихоокеанского рудного пояса, установленного С. С. Смирновым. Крайне характерно оруденение, заключающее в основном медь, золото, серебро, вольфрам, олово, что является типичным для мезозойского складчатого пояса по обе стороны Тихого океана.

Вся полоса, отделяющая Анды от Бразильской платформы, их межгорные котловины и зона береговых альпийских складок чрезвычайно богаты нефтью; эта последняя добывается в Колумбии и особенно в Венецуэле, занимающей второе место в мире по добыче нефти. Нефтяные месторождения занимают район Маракайбской лагуны, вокруг которой расположены нефтяные промыслы; с нефтью в Венецуэле связан также асфальт.

От Боливии на юг в Аргентину протягивается полоса развития мезозойской нефтеносной формации, выполняющей предгорный прогиб Анд; нефть имеется в Боливии, но, находясь далеко от океана, мало эксплуатируется.

Южнее нефтяные месторождения протягиваются вдоль предгорий Анд в западной Аргентине.

В Перу нефть приурочена к береговой зоне, сложенной третичными породами; почти полное отсутствие последних в береговой зоне Чили определяет также и отсутствие в этой стране нефтяных месторождений.

Уголь имеется в Колумбии и отчасти в Боливии. Вся зона Анд крайне бедна углем.

Из нерудных ископаемых следует прежде всего обратить внимание на чилийские месторождения селитры, приуроченные к пустыне Атакама; с селитрой связана также добыча и ода. В Андах широко распространены месторождения серы, связанные с имеющимися здесь многочисленными вулканами. Имеются в Андах также месторождения бокситов и асбеста.

На Бразильской платформе огромное значение имеют месторождения бокситов, развитые в Голландской и Британской Гвиане.

Полезные ископаемые Бразилии еще очень мало известны, так как громадные площади страны заняты тропическими лесами, не позволяющими судить о геологическом строении этой огромной области.

Огромную роль играют докембрийские железные руды Минаес-Гераес, где развиты упоминавшиеся выше итабириты; здесь же имеются месторождения никеля и марганца. Последний добывается также в области Матто-Гроссо.

Так же как и в Гвиане, в Бразилии развиты богатые месторождения бокситов. Залежи цветных металлов мало распространены, что следует связать с сильной денудированностью докембрийских гранитных массивов; особое значение имеют месторождения редких металлов, в частности циркония. Бразилия весьма богата драгоценными камнями, связанными с пегматитовыми жилами; кроме того, отмечается наличие минералов, содержащих бериллий, титан и другие редкие металлы. Уголь развит на юге страны, он приурочен к пермским отложениям и отличается невысоким качеством.

Перечисленные выше богатства недр Южной Америки в виде цветных металлов, алюминия, редких металлов и нефти при слабом промышленном развитии южноамериканских стран вызывает хорошо известное проникновение капитала США в Южную Америку и политическое подчинение американскому империализму всех южноамериканских государств, в которых смена правительств происходит по воле нефтяных и иных североамериканских монополий.

II. АФРИКА

На побережье Африки от Марокко до Камеруна имеются месторождения железных руд (Сьерра Леоне), бокситов (Золотой берег), олова (Нигерия) и ряда других цветных металлов. Вся эта береговая полоса еще плохо изучена; несомненно, что она содержит большое количество полезных ископаемых.

Огромная территория Сахарско-Аравийской плиты, покрытая меловыми и палеогеновыми отложениями, не содержит каких-либо ценных ископаемых. Последние в Африке приурочены к областям развития докембрия. Так, в колонии Кения производится добыча золота; то же нужно сказать и о Танганьике и Руанда-Урунди, где, кроме того, имеются месторождения олова.

Огромное значение имеет территория Бельгийского Конго, где известны крупные месторождения меди, платины и кобальта;

последние могут считаться самыми значительными в мире. На Катанге имеются крупнейшие жильные месторождения урана и радия, составляющие половину всего мирового запаса капиталистических стран. Кроме того, следует еще указать на наличие олова, ниобия, тантала, свинца, цинка. Следует отметить также богатые месторождения алмазов.

Все эти полезные ископаемые связаны в Конго с археозойскими массивами.

В Южно-Африканском союзе имеются громадные месторождения золота в Трансваале, приуроченного к верхнепротерозойским породам. В магматическом комплексе Бушфельд имеется значительное количество платины и иридия. Крупные месторождения железа связаны, как и всюду в мире, с протерозойскими толщами; значительно также содержание марганца. Большое значение имеют месторождения хрома.

В Южной Африке имеются богатейшие берилловые месторождения, содержащие также уран, ниобий и тантал. Мировую славу заслужила Южная Африка своими алмазами, встречающимися в мезозойских взрывных воронках, заполненных синей глиной—кимберлитом.

Уголь связан с мезозойскими континентальными отложениями и занимает обширные площади в Трансваале и соседних районах.

В Родезии, расположенной между территориями Южно-Африканского Союза и Конго, основными полезными ископаемыми являются медь, кобальт и ванадий, а затем хромит и асбест.

На Мадагаскаре имеются месторождения монацита, берилла и урановых руд.

III. ИНДИЯ

Индостан, сложенный докембрийскими породами, чрезвычайно богат пластовыми железными рудами, приуроченными к протерозойским свитам. Они образуют к югу от нижнего течения Ганга Железный пояс; очень широко распространены также в Индии крупнейшие месторождения марганца (Бихар, Орисса, Бомбей). Вдоль юго-западного побережья океана широкой полосой распространены титано-магнетитовые пески, заключающие ильменит и рутил, монацит и циркон. В районе Раджпутана имеются крупные месторождения берилла.

Индии принадлежат самые крупные месторождения слюды.

Уголь принадлежит пермской системе (свита Дамуда) и преимущественно распространен в восточной части страны.

Бокситы встречаются в различных частях полуострова, в особенности в его южной части.

IV. АВСТРАЛИЯ

Железные руды Австралии приурочены к территории платформы и связаны с докембрийскими породами. Они развиты на северо-западном побережье материка и к северу от г. Аделаиды на юге.

Марганец, хром и вольфрам, хотя и имеют некоторое распространение в Австралии, но руда их низкого качества, а месторождения мелкие.

На восточном побережье Австралии имеются самые крупные в мире титано-циркониевые пески, благодаря чему Австралия стоит на первом месте в мире по добыче циркона. Мировое значение имеют также австралийские месторождения свинца и цинка (Брокенхилл в Новом Южном Уэльсе). Далее следует отметить месторождения меди и олова. Огромное значение в экономике Австралии имеет добыча золота, связанного с докембрийскими породами и россыпями. Наиболее значительные месторождения золота расположены в Западной Австралии и в штате Виктория к северу от Мельбурна.

Можно отметить присутствие в Австралии месторождений мышьяка, сурьмы, кадмия, магния.

Уголь, приуроченный к пермским отложениям, особенно широко распространен в зоне Австралийских Альп в Квинсленде и в окрестностях Сиднея.

Новая Зеландия имеет месторождения угля, золота и титано-магнетита.

ЧАСТЬ ВОСЬМАЯ

ОКЕАНЫ

1. ОБЩИЕ ДАННЫЕ

1. Рельеф дна океанов и их границы

Изложенный выше материал касался материковой и островной суши, составляющей лишь 29,3% площади Земли. Естественно поэтому, что наши представления о строении и развитии земного шара очень несовершенны, так как 70,7% площади Земли скрыто от нас океаническими водами. Тем более является необходимым знакомство со структурой океанического дна, что, однако, представляет очень сложную и трудную проблему.

Граница океана и суши является весьма условной, так как она зависит от тектонического режима той или иной области земного шара. Любая трансгрессия или регрессия изменяет в значительной степени конфигурацию береговой линии и очертания материков, а также расположение и размеры островов; однако перемещение береговой линии не изменяет качественно структуры суши и прилегающего к ней дна моря.

Всем известно, что вокруг материков располагается более или менее широкая полоса мелкого моря, доходящего до изобаты в 200 м, именуемая «мелкоморьем», «континентальной платформой» или «шельфом». Примером этого могут служить моря, омывающие Великобританию, Баренцево море, Карское море, море Лаптевых и полосы мелкого моря вдоль берегов всех материков. Давно уже признано, что шельф представляет собой затопленные части материков и качественно от них ничем не отличается; он приключается к матерiku во время регрессии и образует мелкое море с «материковыми островами» во время трансгрессии. Примером служит шельф Северного Ледовитого океана у берегов Советского Союза. Истинной границей материков и океанов, как двух резко различных геоморфологических областей земного шара, является изобата в 200 м, с которой начинается континентальный склон, уводящий к обширным равнинам и котловинам океанического дна, средняя глубина которого располагается от 3 000 до 5 000 м ниже уровня моря; оно занимает до 55,7% всей площади Земли. Среди океанического дна имеются местные крайне глубокие впадины, занимающие не более 2,2% площади Земли. Глубины их колеблются от 6 000 до 11 000 м ниже уровня океана.

Для земного шара характерны две основных уровенных поверхности—одна из них находится на материке и, будучи частично затопленной, образует шельф. Ее высоты колеблются от +1 500 до —200 м (абс.). Другая уровенная поверхность приурочена к океаническому дну; она имеет средний уровень в —4 000 м. Наличие этих двух геоморфологических уровней позволяет на гипсографической кривой наглядно видеть различие между материком и океаном.

Между географами нет единодушия относительно выделения отдельных океанов; в последнее время приняты следующие их границы.

Тихий океан располагается между Азией и Австралией, с одной стороны, и обеими Америками—с другой. На юге он ограничивается материком Антарктиды; границами его служат также меридианы мыса Горна и южной оконечности Тасмании.

Атлантический океан, расположенный между Северной и Южной Америкой, с одной стороны, и Европой и Африкой—с другой, ограничен на севере порогом Нансена между северной Гренландией и Свальбардом и меридианом мыса Нордкап. От Индийского океана он отделяется меридианом мыса Доброй Надежды.

Северный Ледовитый океан расположен между Евразией и Северной Америкой и отделен от Атлантического вышеупомянутыми условными линиями.

Индийский океан расположен между Африкой и Азией и доходит на западе до меридиана мыса Доброй Надежды, а на востоке до меридиана Тасмании.

Мы можем вполне принять это подразделение Мирового океана, но для наших геологических целей важно выделение океана *Нерейс*, южным краем которого является берег Антарктиды, а северным ломаная линия мыс Горн—мыс Доброй Надежды—юго-западная оконечность Австралии. Рельеф шельфа соответствует характеру поверхности прилежащего материка; океаническое дно имеет два типа поверхности—обширные подводные равнины, расположенные в среднем на глубине в 4 000 м и покрытые тонкой пленкой красной океанической глины; они имеют наиболее широкое распространение в Тихом океане, Северном Ледовитом и восточной части Индийского. Другим элементом рельефа океанического дна являются глубокие котловины, отделенные друг от друга подводными гребнями, иногда усаженными островами. И то и другое имеет существенное значение для выявления геологического строения дна океанов, отражая особенности истории его развития.

2. Основные представления о геологическом характере океанического дна

В геологии укрепились два основных мнения о геологическом строении океанического дна. Согласно первому, наиболее древнему из них, океаны считаются такой же частью литосферы, как и материка, лишь расположенной на гораздо более низком уровне. В связи с этим геологи, исповедовавшие это учение (в настоящее время имеется также ряд выдающихся ученых, придерживающихся этого мнения), считают вполне возможным наличие былых континентов на месте современных океанических впадин. В связи с такой постановкой вопроса было признано существование на месте северной части Атлантического океана материка Эрия, а также колоссальной Гондваны, протянувшейся от Анд на западе до Австралийских Альп на востоке. Такие построения можно встретить у Неймайра, Зюсса, Арльдта, Лаппарана, Кайзера, Ога и др. Более того, ряд авторов принимал также возможность существования материка Пацифиды на месте Тихого океана (Ог, Буркхард, Делонэ).

При такой постановке вопроса, широко распространившейся у геологов Западной Европы—мы не видим здесь ни одного русского имени—встает важнейшая проблема о количестве воды в Мировом океане. Если признать правильной идею о существовании материков на месте океанов,

то станет совершенно непонятным, где помещалась вода, находящаяся ныне в океанах и морях и занимающая до 70% поверхности земного шара. Принимать же резкие колебания ее количества, очевидно, за счет крупных изменений в круговороте воды в природе, в характере материкового стока, в энергии испарения или процессов гидратации, мы не имеем права, так как для этого нет никаких данных.

Совершенно противоположной представляется идея о постоянстве океанических впадин, нашедшая широкий круг приверженцев среди американских геологов (Грэбо, Уиллис, Шухерт). Согласно этой гипотезе, океанические впадины представляют извечные черты земного лика; изменения в их очертании хотя и происходили в течение геологических периодов, но они были незначительны, касались лишь шельфов и принципиального значения не имели. При подобной постановке вопроса проблема количества океанической воды отпадает. Эта гипотеза плохо вяжется, однако, со всей суммой геологических фактов: остается непонятным, как осуществлялся обмен фаунами между материками, неоднократно зафиксированный как в северном, так и в южном полушарии. Непонятным является также положение океана Тетис, этого основного элемента земного лика в прежние геологические времена. Эта гипотеза антиисторична, отрицает всякое развитие земной коры и ее рельефа, что для нас абсолютно чуждо и неприемлемо. Сторонников этой метафизической гипотезы среди русских геологов не имеется.

Существенный переворот во взглядах на строение океанического дна произошел в начале XX в., когда была высказана идея о различии материковой и океанической литосферы (Вегенер, Арган, Гутенберг, Штауб, Джолли и др.). Таким образом, возникло представление о прерывистости сиалической литосферы и наличии под океанами базальтового ложа. Представление это основывалось на данных гипсографической кривой, указывающей на различие структуры материков и океанов, на данных рельефа дна последних, на наблюдениях над составом лав океанических островов и на наблюдениях геофизического порядка.

В настоящее время получается все более и более данных, подтверждающих правильность построений этого рода. Следует отметить особую популярность гипотезы передвижения материков Вегенера, согласно которой последние плавают по базальтовой подложке, благодаря чему произошел в сиалической литосфере разрыв в области Атлантического океана, в связи с чем непосредственно на поверхность выступило базальтовое основание.

Современные геофизические и вулканологические данные свидетельствуют о несколько ином положении дела. Выяснилось вполне отчетливо, что большая часть Тихого океана, где господствуют огромные подводные равнины, располагается на базальтово-перидотитовом основании. Ясно также, что зона краевых морей и островных гирлянд Восточной Азии и Австралии, равно как и полоса, сопутствующая западным берегам Америки, находятся вне этого основания, в пределах сиалической литосферы. Данные Гутенберга об Атлантическом океане свидетельствуют о наличии под ним сиалической коры. Можно предполагать наличие сиалического основания под Северным Ледовитым океаном (вне его шельфа) и под восточной частью Индийского.

Наличие под некоторыми океаническими пространствами базальтово-перидотитового основания кладет конец умозрительным построениям о наличии потонувшего материка в Тихом океане, о соединении Африки, Индии и Австралии в единую Гондвану.

Совершенно ясно, что базальтово-перидотитовое основание никогда не выступало на поверхности суши и было издревле покрыто водами;

в таком только виде мы можем говорить о постоянстве океанических впадин, что, однако, имеет мало общего с обычной теорией «перманентности», так как наши представления зиждутся на структурных данных, отмечающих особое положение некоторых участков литосферы.

3. Методика исследования структуры океанического дна

В связи с невозможностью для современного человека ознакомиться непосредственно со структурой океанического дна приходится применять для этой цели ряд косвенных методов.

Здесь относятся: 1) изучение геологического строения берегов океанов, 2) изучение рельефа океанического дна, 3) изучение характера осадков, 4) данные вулканизма, 5) данные геофизических наблюдений.

Прежде всего бросается в глаза различие характера берегов океанов. Зюссом было подмечено, что океаны обладают двумя типами берегов—тихоокеанским и атлантическим. Первый из них характеризуется наличием складчатых горных хребтов, параллельных берегам океана; подобный тип берегов наблюдается по всей периферии Тихого океана.

Атлантический тип берегов отличается прямо противоположными особенностями—горные хребты обрезаются берегом океана, благодаря чему возникают рiasовые берега, столь типичные для Испании, Бретани, Ирландии и других мест.

К этому разделению типов берегов следует прибавить еще индийский тип берегов, отличающийся более или менее прямолинейными очертаниями, что так типично для берегов Африки, Аравии, Индии и Австралии.

Существование берегов различного типа говорит о существовавших различиях в строении прилегающих к ним участков океанов. Вдоль берегов тихоокеанского типа линия берега следует границам структурных элементов материка, вследствие чего изучение последних ничего не может дать положительного о строении дна прилегающих океанических впадин.

Наоборот, атлантический тип характеризуется погружением складчатых систем на океаническое дно, которое, по всей вероятности, имеет много общего с строением прилегающих материков. Так дело обстоит для всей центральной части Атлантического океана, для которого еще на заре нашей науки отмечена была общность тектонических структур, фаций и стратиграфии по обеим сторонам океана.

Индийский тип берегов свидетельствует о разломах древних платформ и крупных опусканиях, а следовательно, и о сравнительной молодости соответствующих океанических впадин. Представляется, однако, неосторожным переносить данные строения материков на прилегающие к ним океаны.

Изучение рельефа дна океанов дает очень много для понимания его строения. В самом деле, обширные равнины дна Тихого океана или восточной части Индийского показывают, что эти области никогда не были затронуты складчатостью. Наоборот, резко выраженный рельеф Атлантического хребта с его крутыми подводными гребнями и более или менее округлыми котловинами говорит нам либо о затопленной горной системе, либо о рельефе современного геосинклинального бассейна. Прослеживание отдельных подводных гребней и увязывание их с соответствующими образованиями на суше может дать очень многое для суждения о структуре океанического дна.

Характер осадков не особенно много дает нам для суждения о структуре океанического дна, так как это в большинстве случаев органогенные

отложения или красная океаническая глина. Однако наличие опущенных терригенных осадков и вулканических пород может породить ряд построений, вносящих свою лепту в дело решения труднейшей проблемы о структуре океанов.

Большое внимание следует обратить на изучение вулканических явлений в океане. Уже давно были отмечены различия тихоокеанского типа лав—основных и атлантических—кислых и щелочных. В настоящее время очень хорошо известно, что вулканы Тихого океана извергают лишь базальтовую лаву, тогда как по его периферии и в Атлантическом океане обширное распространение имеют андезитовые лавы. Наличие исключительно базальтовых излияний говорит о присутствии на огромном пространстве базальтового субстрата, тогда как наличие андезитов и лав другого состава отмечает наличие сиалической коры и, в частности, геосинклинального режима. Очень часто излившиеся лавы содержат глыбы пород, оторванные от стенок вулканических горловин, позволяющие судить о структуре земной коры в районе деятельности данного вулкана.

Важнейшим методом изучения структуры дна океана является сейсмологический. Наблюдения над прохождением волн землетрясений свидетельствуют о типе строения океанического дна, о плотности подстилающих его пород и глубине их залегания. При помощи этого метода можно установить сиалический или базальтовый характер коры, так как в первом случае будет наблюдаться скачок скоростей при переходе из сиалической коры в симатическую. При наличии же базальтового основания дна океана такого скачка не будет и скорости волн будут увеличиваться постепенно до огромных глубин; последнее, действительно, имеет место в Тихом океане.

Важные данные получают при изучении тех землетрясений, фокус которых лежит на глубине в 600—800 км ниже поверхности. Они дают нам ключ к решению вопросов о глубочайших разломах литосферы и о нахождении геосинклинальных зон.

Наблюдения над аномалиями силы тяжести дают нам материал для суждения о характере компенсации земной коры под океанами, о наличии плохо компенсированных, или, что то же, орогенических зон, и о плотностях пород, слагающих основание океанического дна.

II. ТИХИЙ ОКЕАН

1. Общие данные

Тихий океан представляет собой величайшее водовместилище на земном шаре. По характеру морфологии его дна можно отчетливо выделить три основных его части. В первую входит пояс краевых морей Восточной Азии и Австралии—Берингово, Охотское, Японское, Восточно-Китайское, Филиппинское, Южно-Китайское, моря Целебес и Банда, Коралловое, Тасманово. Эти моря отделены от основного океанического пространства гирляндами островов—Алеутских, Курильских, Японских, Рю-кю, Боннинских, Марианских, Соломоновых, Тонга, Фиджи и Новой Зеландией. Весь этот пояс был уже предметом нашего рассмотрения в соответствующих главах и поэтому нет основания о нем говорить здесь подробнее. Подчеркнем лишь, что этот пояс, геосинклинальный характер которого не вызывает в настоящее время сомнений, отделен от океана глубочайшими океаническими впадинами—узкими и длинными котловинами, глубина которых колеблется между 8 000—11 000 м; они не компенсированы осадками и представляют собой крайне оригинальное структурное явление, развившееся на стыке сиалической и симатической литосферы.

Иной характер имеет пояс больших глубин, протягивающийся вдоль берегов Северной и Южной Америки, очень тесно связанный со структурными элементами обоих материков; геофизические данные показывают, что этот пояс характеризуется отсутствием изостатической компенсации при очень больших колебаниях аномалий силы тяжести, указывающих на наличие в этом поясе современных орогенических движений. В связи с этим следует признать, что этот пояс находится в настоящее время в условиях геосинклинального режима; последний имел здесь место и в прежние геологические периоды, на что нам приходилось неоднократно указывать. К этой полосе океана, следовательно, у нас также нет оснований возвращаться.

Остальное пространство океана, характеризующееся относительной равнинностью своего дна, располагается на среднем уровне в 4 000 м ниже уровня моря. Оно усеяно архипелагами островов (Полинезия), вытянутых с северо-запада на юго-восток—острова Каролинские, Маршалские, Гильберта, Эллис, Феникс, Маркизские, Туамоту.

Северо-восточнее этой полосы расположены Полинезийские Спорады—мелкие разбросанные острова. Далее на северо-восток проходит полоса Гавайских островов. К северу и востоку от них океан лишен островов, нет их также и к юго-востоку от Гавайских островов, а также к востоку и югу от о-в Туамоту.

Обращает на себя внимание полоса отдельных больших глубин (свыше 4 000 м), направляющихся от о-ва Самоа к северо-востоку через восточный край Гавайских островов по направлению к о-ву Ванкувер у берегов Северной Америки.

Все острова этой части Тихого океана вулканические и коралловые, образующие очень часто атоллы. Для Тихого океана чрезвычайно характерно, что складчатые системы Австралии, Восточной Азии, Кордильер и Анд строго следуют очертаниям океана и ни одна из них не проникает в собственно океаническое пространство. Последнее по характеру своего дна не обнаруживает следов складчатости.

Излияния вулканов во внутренней части Тихого океана имеют исключительно базальтовый характер, при наличии в лавах значительного количества нефелина. В это же время в зоне периферических геосинклинальных поясов отсутствуют нефелиновые породы, но очень широкое развитие имеют андезитовые лавы. В связи с этим вся внутренняя часть океана, совершенно лишенная андезитовых лав, оконтурена «андезитовой линией», проходящей вдоль периферии геосинклинальных поясов, причем глубочайшие впадины океана находятся в пределах андезитового поля.

Геофизические наблюдения показывают, что дно Тихого океана изостатично компенсировано, причем колебания положительных аномалий силы тяжести минимальные. Значительное развитие положительных аномалий имеется в районе Гавайских островов, где литосфера перегружена на небольшом пространстве огромным нагромождением базальтовых лав, поднимающихся на 4 000 м над уровнем океана и имеющим подводный цоколь, определяемый также в 4 000 м, что дает высоту вулкана в 8 000 м.

В сейсмическом отношении особой активностью отличаются оба периферических геосинклинальных пояса, где высвобождается до 80% всей сейсмической энергии Земли.

Вдоль этих же поясов расположены зоны наиболее глубоководных землетрясений всей нашей планеты. Что же касается до пространства Тихого океана, заключенного внутри андезитовой линии, то это область почти полного сейсмического покоя. Это обстоятельство для суждения о природе впадины Тихого океана полно глубокого смысла, показывая прямую ее противоположность по отношению к обрамляющим ее геосинклинальным поясам с их бурной сейсмической активностью. Данные сейсмологии (Гутенберг) показывают, что плотность земной коры под Тихим океаном у поверхности достигает 3,05, на 40 км ниже нее — 3,1, на 80 км — 3,2, причем не ощущается никакого резкого скачка плотностей, обнаруженного под материками. Крайне интересно присутствие периферических вертикальных разделов плотностей при переходе от центрального бассейна Тихого океана к геосинклинальным поясам. Мощность осадочного покрова в Тихом океане, по Гутенбергу, не более 5 000 м.

2. Представление о природе Тихого океана

Идеи о природе Тихого океана, имевшиеся в геологической науке, можно разделить на две категории: к первой относятся те, которые не усматривают в пространстве, занятом Тихим океаном, какого-либо принципиального различия по отношению к другим частям земного шара. Ко второй же — идеи, которые стоят на базе современных геофизических и вулканологических данных о наличии под Тихим океаном базальтово-периодитового основания, считаемого за остаток первичного состояния литосферы.

Для сторонников первого положения (Ог, Делонэ, Буркхардт, Грегори, Кобер и др.) Тихий океан располагается на месте одного или многих материков, в настоящее время опущенных под уровень океана и испытавших неоднократные погружения и поднятия, полные или частичные.

Эта точка зрения основывалась на наличии вокруг тихоокеанского выравненного пространства приподнятых частей дна, отделяющих его от периферических поясов с огромными глубинами. Таким образом, здесь развивалось чисто морфологическое представление, основанное на неправильно понятом характере океанического дна.

Ог усматривал наличие в Тихом океане огромного материка—Пацифиды, ныне затонувшего. Эту гипотезу он вывел из теории геосинклиналей, которые, по его мнению, представляли зоны узких прогибов земной коры, расположенных между материками. Последнее заставляло его предполагать наличие погружившейся Пацифиды, без чего непонятно было существование западного и восточного тихоокеанских геосинклинальных поясов. Такая гипотеза, по мнению Ога, подкреплялась также данными Буркхардта о приносе в Андах терригенного материала со стороны океана. Нам уже приходилось не раз говорить об истинном смысле этого факта. Кроме того, принимались в расчет также линии островов Полинезии, как будто продолжавшие в восточном направлении складчатые системы Австралии.

Грегори устанавливал местные соединения морских бассейнов Азии и Америки на основе распространения фаун, придя, таким образом, к весьма своеобразной, но никак не документированной фактическим материалом палеогеографии.

Кобер является решительным противником представления об особой природе впадины Тихого океана. Он помещает внутри нее два материка, разделенных широтным геосинклинальным поясом, что не подтверждается в настоящее время ни вулканологическим, ни сейсмологическим материалом.

Сторонники второй категории идей (Штауб, Чабб, Гутенберг, Космат, Вегенер, Арган, Архангельский и др.) полагают, что Тихий океан представляет собой изначальную структуру земного шара, в которой на поверхность выходит базальтовый пояс; при таком положении дела отмечается постоянное присутствие тихоокеанского бассейна с начала древнейших геологических периодов. По мнению Архангельского, в базальтовом основании Тихого океана имеются свои геосинклинальные зоны и платформы, качественно отличающиеся от тех, которые установлены для сиалической оболочки. Некоторые авторы связывают происхождение тихоокеанского пространства с отрывом Луны от Земли.

3. Строение дна Тихого океана

Для нас совершенно неприемлемы представления о былом наличии в Тихом океане материков и о качественной однозначности этой части земного шара со всеми остальными его частями. Подобные представления слишком резко расходятся с современными тектоническими и геофизическими данными, чтобы они могли бы лечь в основу разработки гипотезы о строении дна Тихого океана. Нужно, однако, сказать, что и в настоящее время эти положения встречаются ряд сторонников.

Нам нужно основываться на следующих важнейших фактах:

1) складчатые системы не проникают внутрь Тихого океана, а составляют его периферию, оставляя его не затронутым складчатостью;

2) это положение подтверждается отсутствием в Тихом океане андезитовой лавы, свойственной всем складчатым сооружениям;

3) рельеф дна Тихого океана преимущественно равнинный, не имеющий ничего общего со сложно дифференцированным рельефом геосинклинальных областей (Индонезия, Вест-Индия, Восточно-Азиатская геосинклиналь и др.);

4) излияния тихоокеанских вулканов исключительно основные и имеют базальтово-перидотитовый состав;

5) тихоокеанское пространство внутри периферических геосинклинальных поясов характеризуется полным сейсмическим покоем;

6) Тихий океан вне периферических поясов отличается полной изостатической компенсацией;

7) плотность ложа под Тихим океаном, начиная от 3,05, постепенно увеличивается с глубиной, причем не отмечается каких-либо скачков в нарастании плотностей;

8) в Тихом океане имеются глубокие вертикальные разделы плотностей между внутренним пространством и периферическими поясами.

Все вышеизложенное убеждает в том, что в то время как периферические пояса имеют геосинклинальный характер и представляют собой зоны современного орогенеза, и, несомненно, принадлежат сиалической коре, внутренняя часть Тихого океана имеет совершенно особый характер.

Здесь развито базальтово-перидотитовое основание с очень небольшим осадочным покровом. Оно не принимало участия в орогенических проявлениях, обходивших его и его не затрагивавших. Базальтовое основание занимает в земном шаре низкий гипсометрический уровень и было прикрыто в течение всей земной истории колоссальным морским бассейном, глубина которого, однако, не была, вероятно, постоянной. В настоящее время Тихий океан значительно увеличен по площади за счет присоединения к нему широких геосинклинальных бассейнов запада и востока. Геологическая история материков показывает, что Тихий океан представлял собой постоянный очаг развития различных фаун, появлявшихся обычно одновременно как в Азии, так и в Америке.

Особенностью структуры Тихого океана является еще следующее: сейсмологическими наблюдениями обнаружено, что от Галапагосских островов к о-ву Пасхи протягивается полоса эпицентров землетрясений, являющаяся как бы ответвлением от Американской зоны высокой сейсмической активности. Она же характеризуется узким подводным гребнем, где глубины падают до 1 900 м. К востоку отсюда располагается лишенное островов пространство (плато Альбатрос), повидимому, находящееся вне базальтово-перидотитового основания океана. Чабб предполагает здесь опустившийся материк, продолжавший к западу Патагонскую платформу. Вопрос о структуре плато Альбатрос является открытым, если только не приводить для этого различных фантастических объяснений (рис. 27).

Чрезвычайно характерно для Тихого океана наличие двух полос вулканических островов — Каролины-Туамоту и Гавайские, протягивающиеся с северо-запада на юго-восток. Повидимому, эти острова приурочены к линиям крупных расколов базальтового основания, возникших в последние геологические эпохи. Вдоль этих расколов происходили мощные излияния базальтов. Интересно отметить, что упомянутые линии вулканических островов грубо параллельны Кордильерам и складкам Новых Гебрид и Соломоновых островов. Глубокие впадины выработались на стыке азиатско-австралийских складок с базальтовым основанием океана. Их можно в некоторой степени сравнивать с предгорными прогибами складчатых сооружений.

Интересно отметить, что широко распространенные коралловые известняки, развитые в Тихом океане, имеют очень большую мощность, что свидетельствует о недавних очень крупных опусканиях дна океана.

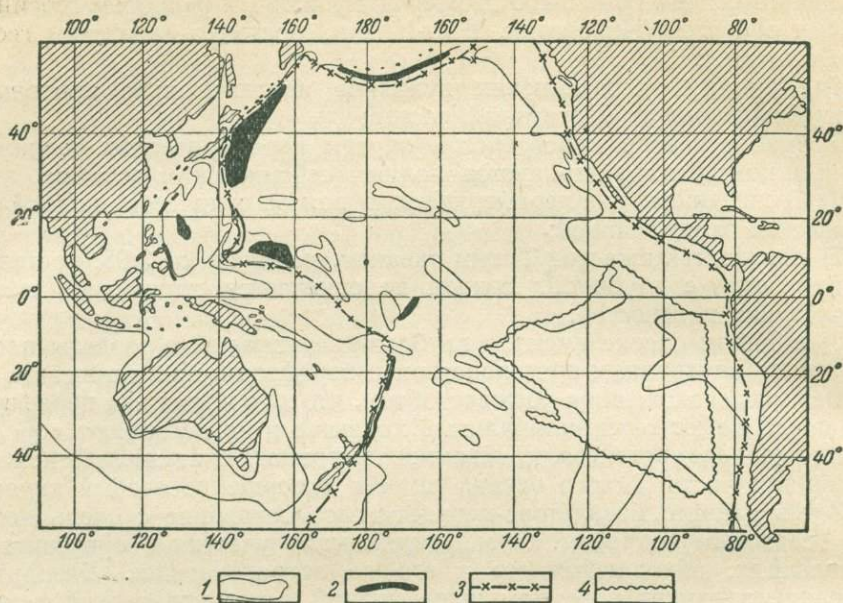


Рис. 27. Тихий океан (по Чаббу)

1. Изобата 4 000 м.
2. Области с глубинами свыше 6 000 м.
3. «Андезитовая линия».
4. Граница зоны пород, лишенных нефелина.

Это обстоятельство говорит в пользу того, что современные глубины Тихого океана, повидимому, недавнего происхождения.

III. АТЛАНТИЧЕСКИЙ ОКЕАН

1. Общие данные

Атлантический океан занимает широкую изогнутую меридианальную полосу между Северной Америкой и Европой, Южной Америкой и Африкой. На севере он переходит в Северный Ледовитый океан. На юге он свободно соединяется с Индийским океаном, образуя западную часть выделяемого нами океана Нерейс.

Атлантический океан естественно и историко-геологически может быть разделен на три части¹.

Северная часть занимает глубины Гренландского моря, мелководный порог Уэвеля Томсона, соединяющий Великобританию, Исландию и Гренландию, и область моря к югу отсюда по линии Гебридские острова—восточная оконечность Лабрадора, характеризующуюся подводными равнинами с расплывчатыми очертаниями и с глубинами от 1 200 до 2 800 м. Отмеченная выше линия Гебриды—Лабрадор может считаться южным пределом северной части океана, так как к югу от нее он имеет совершенно другой характер.

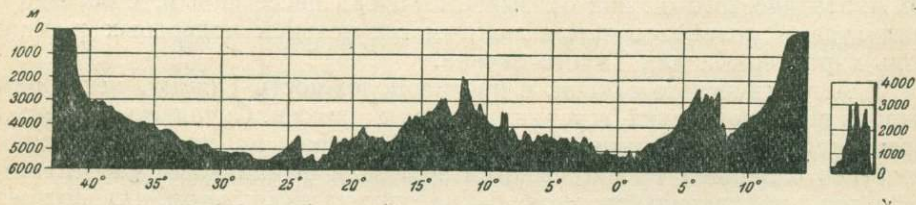


Рис. 28. Профиль через южную часть Атлантического океана.

Средняя часть Атлантического океана простирается на юг до условной линии Зеленый мыс—мыс Сан-Рок. Это наиболее широкая часть океана, отчетливо разделенная на западную и восточную часть Срединным Атлантическим гребнем, проходящим от Азорских островов к югу до 10° с. ш., где он принимает юго-восточное направление, уходя в южную часть океана. Глубины в районе гребня колеблются между 1 700—4 100 м, обнаруживая весьма резкий подводный рельеф (рис. 28).

К востоку от Атлантического гребня располагается пояс больших

¹ В палеогеографии эти три части иногда называют Скандик, Посейдон и Архгеленис.

глубин, характеризующийся очень прихотливым расположением изобат и сложным подводным рельефом. Глубины здесь в среднем около 5 000 м, но имеются отдельные котловины с глубиной свыше 6000 м. Вдоль берегов Африки расположены архипелаги островов—Мадейра, Канарские, острова Зеленого мыса, между которыми глубины падают до 1 800 м. Шельф вдоль европейского и африканского берегов крайне узкий, быстро обрывающийся к глубинам в среднем около 3 000 м.

Западная часть океана включает ряд подобных же равнин, расположенных на разных уровнях, причем наибольшие глубины здесь достигают 7 000 м (Саргассово море), в среднем же океаническое дно располагается на глубине в 4 000—5 000 м. У берега о-ва Порто-Рико имеется котловина в 8 300 м, глубина, вообще не свойственная Атлантическому океану.

Южная часть Атлантического океана, расположенная между Южной Америкой и Африкой, характеризуется чрезвычайно узкими шельфами вдоль берегов обоих материков и резко выраженным Срединным Атлантическим гребнем. Последний у экватора связывается узким пережимом с Срединным гребнем более северной части океана и затем направляется строго на юг до 50° ю. ш., где резко заворачивает на восток. Гребень несет на себе острова Вознесения, Тристан-д'Акунья, Диего Альварес и Буве.

В районе Срединного гребня глубины составляют от 1 000 до 2 500 м. Батиметрические исследования показывают резко рассеченный рельеф гребня. От него отходят ответвления с глубинами, падающими местами до 500 м, местами же обнаруживающими отметки в 3 000 м и более. Один из таких гребней проходит с северо-востока на юго-запад, подходя к берегу Африки у экватора, другой на широте 20° ю. ш. К северо-западу отходит гребень по направлению к Рио-де-Жанейро. Между этими гребнями, Срединным гребнем и берегами располагаются на западе обширные котловины—Бразильская и Аргентинская, а на востоке—Гвинейская, Ангольская и Капская. Рельеф дна довольно сложный; глубина океана в этих котловинах достигает в среднем 4 000—5 000 м. Таким образом дно Атлантического океана оказывается очень рассеченным, с большими амплитудами рельефа и почти полным отсутствием подводных равнин, столь характерных для Тихого океана.

У Атлантического океана, в противоположность Тихому, нет обрамляющих периферических геосинклинальных поясов. Складчатые системы обрезаются берегом океана и снова выступают на противоположном берегу со сходными тектоническими зонами и фаціальным характером. Характер дна Атлантического океана наводит на мысль о том, что оно представляет собой затопленную, вследствие крупных опусканий, горную страну.

Лавы Атлантического океана, изливаемые вулканами Исландии и островов Азорских, Канарских, Зеленого мыса, Вознесения, св. Елены и Тристан-д'Акунья, имеют весьма разнообразный характер—от основных до кислых и щелочных. Иначе говоря, вулканическая деятельность в области Атлантического океана имеет характер вулканизма складчатых областей.

Достаточно активная сейсмическая деятельность отмечается для Гренландского моря. Зафиксированы также землетрясения, приуроченные к Срединному Атлантическому гребню, причем зона сейсмичности в точности повторяет изгиб гребня и уходит на юг, постепенно замирая. Последнее, однако, может быть связано с недостаточной изученностью южной части Атлантического океана. Очевидно, что сейсмичная активность

связана также с наличием в Атлантическом океане складчатого сооружения.

Наконец, следует указать, что сейсмические волны отмечают плотность основания Атлантического океана в 2,9, причем на глубине в 30 км обнаруживается скачок плотностей до 3,1, т. е. до той цифры, которая характерна для основания Тихого океана. В связи с тем, что под материками такой же скачок обнаруживается на глубине в 60 км, следует предположить, что сиалическая кора под Атлантическим океаном имеет половинную мощность по сравнению с материковой (платформенной) литосферой.

2. Представления о природе дна Атлантического океана

В науке имеется ряд построений, связанных с проблемой Атлантического океана. Назовем из них главнейшие:

1. Атлантический океан перманентен и существует с ранних периодов истории Земли. Это положение совершенно неудовлетворительно, так как оно противоречит фактам: 1) ухода складчатых систем под уровень океана по обеим его сторонам; 2) обмена морской и сухопутной фауной между ними; 3) наличия сложной подводной топографии в зоне Срединного гребня.

2. Атлантический океан был занят материками, ныне разломанными и погружившимися. Повидимому, это построение близко к истине, но оно не характеризует тектонической структуры, получившейся после размывания.

3. Атлантический океан представляет собой расширенную щель, образовавшуюся после отплыwania Америки от Африки и Европы. Гипотеза совершенно неудовлетворительная, так как Атлантический океан не имеет базальтового ложа, а его вулканы выбрасывают глыбы гранита. Это положение противоречит также всем данным исторической геологии.

4. Атлантический океан представляет собой современную геосинклиналь, а Срединный гребень—ее центральную геоантиклиналь. Последнее не вяжется с резко расчлененным рельефом Срединного гребня, напоминающим скорее рельеф погруженной горной системы, чем рельеф возникающей геоантиклинали.

3. Природа Атлантического океана

Атлантический океан представляет образование сложное, отдельные части которого имеют различную геологическую историю; следует поэтому сначала провести анализ отдельных областей океана, а затем уже рассмотреть имеющиеся представления о природе всего океана в целом.

Наиболее просто разрешается вопрос для северной части Атлантического океана (Скандика). По обеим его берегам—в Норвегии, Великобритании и Гренландии развиты каледонские складки, причем центральные части складчатой системы во многих случаях находятся под водой. Наличие докембрийского фундамента на Гебридах говорит о наличии Северо-Атлантического массива. Его остатком, повидимому, является гряда Уэвеля Томсона—наименее погруженная часть северного сектора Атлантики. Хорошо известно, что в результате каледонской складчатости создалась платформа Эрия, доходившая на юге до широты Бретани. Материк в виде более или менее расчлененной горной страны существовал в девоне и кар-

боне. Начиная с верхней перми, стали образовываться платформенные синеклизы, особенно развитые в юре и мелу, занятые неглубокими морскими бассейнами.

С эпохи началось раздробление Эрии, с чем связаны излияния базальтов, широко распространенные по ее периферии. В настоящее время на ее месте находится морской бассейн глубиной до 4 000 м, характеризующийся интенсивным вулканизмом (Исландия) и активной сейсмичностью. Рельеф дна океана простой, указывающий лишь на наличие крупного опускания. Видимо, на фоне Каледонской платформы начал создаваться геосинклинальный бассейн; мы его видим в начальных фазах его развития.

Гораздо сложнее положение дела с центральной частью Атлантического океана, причем для нее мы имеем ряд фактов противоречивого характера. Прежде всего нужно отметить, что каледонские складки Великобритании уходят под уровень океана и их дальнейшее продолжение нам неизвестно. Вероятнее всего, они имели продолжение в меридианальном направлении, затухая в широтной зоне нижнепалеозойского Тетиса.

Однако это предположение никак не может быть обосновано, за исключением некоторых общих наведений.

Можно себе представить, что в нижнем палеозое центральная часть Атлантики существовала в виде широтного геосинклинального бассейна, осадки которого выходят в настоящее время в Бретани, на Пиренейском полуострове и в Марокко. С другой стороны океана осадки геосинклинального типа кембрия и силура развиты в Аппалачах с фациями и фаунистическим обликом, сходными с теми, которые наблюдаются в Европе.

Несколько яснее дело обстоит с эпохой герцинского орогенеза. Складки этого времени обрываются в океан вдоль берегов Европы и Северной Америки на всем протяжении от юго-западной оконечности Ирландии до Марокканского Атласа. При этом в Англии и Великобритании герцинские складки пересекают каледонские под острым углом.

На американской стороне океана герцинские складки следуют каледонским простираниям на севере Аппалач, а затем становятся на их место и продолжают далее к юго-западу. Наличие герцинских структур в Вест-Индии заставляет предполагать их связь со складками Атласа и Испанской Мезеты. Присутствие докембрийского остова под береговыми равнинами США указывает на наличие здесь обширного Срединного массива, ныне опущенного, занимавшего, вероятно, все пространство между Аппалачами и Срединным гребнем.

Можно думать, что в результате герцинской складчатости в центральной части Атлантики возникло складчатое сооружение. Имелись ли в этой области какие-либо морские бассейны геосинклинального типа, нам совершенно неизвестно. Наличие платформенных условий можно предположить здесь вплоть до верхнего триаса, когда стали возобновляться опускания и море постепенно стало продвигаться к Америке. Этот бассейн соединялся с Тетисом через Пиренейский полуостров; на западе его следы можно констатировать в Центральной Америке.

В юре поперек Атлантического океана создан обширный геосинклинальный бассейн. В Бетийских Кордильерах и в Атласе развиты геосинклинальные отложения юры. Они же распространены на островах Вест-Индии. Наличие обширного морского бассейна в юре, являющегося продолжением европейского Тетиса, доказываемая общностью юрской фауны средиземноморской области, Вест-Индии, Кордильер и Анд. Несомненно, что этот бассейн постепенно разрастался к северу, вовлекая в геосинклинальное опускание зону герцинских складок, не переходя, однако, на Каледонскую платформу.

Крупные опускания в центральной части Атлантического океана приурочены к верхнему мелу. Это обстоятельство доказывается: 1) наличием широко распространенных верхнемеловых отложений по западным берегам Европы; 2) появлением морских отложений верхнего мела вдоль восточных берегов Северной Америки; 3) проникновением моря на западное побережье Гренландии; 4) появлением моря на востоке Гренландии.

Забегая вперед, мы отметим, что к этому времени относятся также крупные опускания в южной части океана.

В результате этих крупнейших опусканий, имевших, несомненно, геосинклинальный характер, и дальнейшего развития геосинклинального режима, уже в конце мела создалась атлантическая система складок, которая в настоящее время обнаруживается в виде Срединного гребня.

Атлантические складки, создавшиеся, вероятно, в ларамийскую фазу иеншанского цикла, протянулись меридианально, имея между Европой и Северной Америкой загиб в северо-восточную сторону. Складчатая система, по мере приближения к Каледонской платформе, повидимому, разветвляется и сходит на нет.

Кайнозой характеризовался новыми крупными опусканиями, благодаря которым атлантическая складчатая система оказалась погруженной. Только в одном месте имеется остаток от нее в виде Азорских островов. Интересно также отметить присутствие обломка мезозойских складок в Южной Португалии.

Примечательна также древнегреческая легенда о погибшем государстве Атлантиде, располагавшемся где-то к западу от Гибралтарского пролива. Вероятнее всего это было окончательное погружение может быть когда-то обширной суши, созданной верхнемеловой складчатостью.

Очень крупной проблемой является вопрос о связи альпийских складок Европы и Вест-Индии. По этому вопросу можно привести следующие соображения. Батиметрическая карта Атлантического океана не показывает наличия какой-либо опущенной горной системы широтного направления.

В Европе и Северной Африке, как мы уже видели, альпийские складки разветвляются: одна линия складок из Атласа через Рифф смыкается с Бетийскими Кордильерами, другая же уклоняется к юго-западу, следуя вдоль края Африканской платформы. На продолжении этих складок находятся Канарские острова и острова Зеленого мыса; на последних имеется складчатый нижний мел.

В связи с тем, что в конце верхнего мела создалась меридианальная система атлантических складок, альпийские складки не смогли, естественно, ее пересечь, а уклонились к югу, принимая меридианальное простирание. Они, вероятно, затухают где-нибудь в районе Зеленого мыса.

Альпийские складки Вест-Индии и Венецуэлы, вероятно, также затухают где-либо к северу от Южной Америки, не связываясь с европейскими, так как этому препятствует меридианальная атлантическая система.

Новейшие опускания вызвали погружение атлантических складок и создание на их месте обширного геосинклинального бассейна—наследника палеозойского Тетиса. Наличие крупных недавних погружений доказывается наличием сбросовых берегов Европы, существованием подводных долин, о чем речь будет идти ниже, сейсмичностью и вулканизмом, отмечающими, очевидно, расколы мезозойской складчатой системы и ее дальнейшее опускание.

Южная часть Атлантического океана оконтурена двумя докембрийскими платформами, причем по их берегам нет никаких морских отложений древнее альба, если не считать небольшого участка морских отло-

жений перми на Ла-Плате. Это обстоятельство дало повод считать, что обе платформы—Бразильская и Африканская составляли с древнейших времен единую Гондвану. Эта последняя, начиная с мела, стала распадаться, согласно одной точке зрения, благодаря раздроблению и провалам, а согласно другой—отплыванием Южной Америки по базальтовому ложу.

В предыдущих главах указывалось на вполне вероятное существование в нижнем палеозое между обеими платформами обширной геосинклинальной области, подвергшейся каледонской складчатости; ответвлением этого сооружения являются, повидимому, бразилиды, сахариды и конгоиды. Без наличия в этой области геосинклинального режима трудно было бы объяснить опускание Амазонской синеклизы в нижнем палеозое.

Гондвана создавалась, вероятно, в результате каледонской складчатости; в этом отношении наблюдается замечательный параллелизм событий на юге и на севере нынешнего Атлантического океана. Каледонские складки, видимо, в среднюю часть Атлантики не проникали, заворачивая вокруг Сахары в Атлас. На юге они, очевидно, были связаны со складками Нерейс, обходя Африку с юга.

С силура до верхнего триаса на месте южной части Атлантического океана существовала платформа. Возможно, что на юге она не простиралась слишком далеко. В триасе начались громадные разломы в южной Бразилии и северной Аргентине, сопровождавшиеся колоссальными излияниями базальтов. Вероятно, в это время имели место в теле Гондваны крупные опускания, что продолжалось и в юре. Следов этих опусканий установить нельзя, так как они не затрагивают краев современных материков. Несомненно, что в юре еще существовал северный берег Гондваны, вдоль которого мигрировала юрская фауна из средиземноморского Тетиса в Вест-Индию и Анды. Такое положение дела сохранялось и в течение нижнего мела.

Опускания южной части Атлантического океана начались в альбе, что устанавливается по наличию отложений этого возраста как в Бразилии, так и в Африке с одинаковой весьма своеобразной фауной. В связи с этим никак нельзя согласиться с Грегори, что эти выходы альба только узкие заливы Тетиса; в последнем совершенно отсутствует южно-атлантическая альбская фауна. Опускание продолжалось в течение всего верхнего мела. Это нашло отражение на Африканской платформе в виде огромной верхнемеловой трансгрессии. Для нас это обстоятельство имеет очень важное значение, так как, исходя из правила Архангельского, согласно которому опускания платформ бывают обычно теснейшим образом связаны с погружениями в соседних геосинклиналях, можно думать, что между Южной Америкой и Африкой в верхнем мелу создавалась геосинклинальная обстановка, возродившая те условия, которые имели место в этом районе в нижнем палеозое. В результате дальнейшего геосинклинального развития в конце мела в этой области произошла, повидимому, ларамийская складчатость, создавшая Срединный Атлантический гребень и его боковые ответвления. Современные батиметрические данные вполне отчетливо показывают, что рельеф дна южной части Атлантического океана представляет собой затопленный морем рельеф горной страны. Что касается до глубоководных бассейнов, их скорее всего следует отнести за счет новейших опусканий.

Очевидно, что ларамийская складчатость не создала платформенной структуры. Созданное ею сооружение было вновь в кайнозое опущено; с этими погружениями связана сейсмичность вдоль Срединного гребня и присутствие вулканов. В настоящее время южная часть Атлантического океана представляет собой геосинклинальный бассейн с резкой

дифференциацией дна. Наличие сбросов вдоль материков и существование подводных долин свидетельствует о молодых очень интенсивных погружениях.

4. Синтез структуры Атлантического океана

Объединяя в одно целое все сказанное выше о природе Атлантического океана, можно прийти к следующим выводам:

1. Атлантический океан относится к области сиалической литосферы и представляет такую часть земной коры, которая неоднократно претерпевала складчатость.

2. Атлантический океан расположен между двумя древними платформами на севере и такими же на юге; сам же он никогда не являлся областью развития докембрийских платформ.

3. В Атлантическом океане можно выделить три части:

а. Северную, где имела место каледонская складчатость, в результате которой создалась платформа, существовавшая до эоцена. Начиная с этого времени, в этой области стали происходить опускания, что вызвало образование геосинклинального бассейна, находящегося в начальной стадии своего существования. Этот геосинклинальный бассейн унаследовал более или менее черты геосинклинального бассейна нижнего палеозоя. В этой части Атлантического океана складчатости ни в мезозое, ни в кайнозое не было.

б. Средняя часть Атлантического океана в нижнем палеозое может рассматриваться как западное продолжение Тетиса. Каледонская складчатость существовала, вероятно, только в северной части этого геосинклинального бассейна. Окончательное складкообразование имело место в верхнем палеозое, после чего здесь сформировалась молодая платформа, аналогичная той, которая была создана герцинской складчатостью в Западной Европе. Платформа эта просуществовала до середины триаса. С конца триаса до конца верхнего мела в средней части Атлантического океана развился геосинклинальный режим, приведший к меридианальной ларамийской складчатости. Созданное ею складчатое сооружение в кайнозое испытало опускание. Альпийские складки возникли лишь вблизи Африканской платформы.

в. Южная часть Атлантического океана в нижнем палеозое находилась в условиях геосинклинального режима, приведшего к образованию Каледонского складчатого сооружения, которое, объединив Бразилию и Африку, образовало Гондвану—платформу, просуществовавшую до середины триаса. С триаса до верхнего мела происходил процесс постепенного раздробления этой Каледонской платформы и возобновления геосинклинального режима. На базе последнего создано в конце верхнего мела Ларамийское складчатое сооружение, опущенное в кайнозое, в результате чего в настоящее время в этой области снова имеет место геосинклинальный режим.

4. Атлантический океан представляет собой в настоящее время геосинклинальную область, находящуюся в различных своих частях на разных этапах развития. Он унаследовал особенности строения земной коры в нижнем палеозое. В этой Атлантической геосинклинали в верхнем меле создалась меридианальная складчатая система, ныне вновь погруженная под уровень моря.

5. Атлантический океан представляет собой, таким образом, современную геосинклинали океанического типа, находящуюся в стадии погружения.

IV. СЕВЕРНЫЙ ЛЕДОВИТЫЙ ОКЕАН

1. Общие данные

Северный Ледовитый океан расположен между Евразией и Северной Америкой. Некоторые географы полагают, что он является только заливом Атлантического океана, представляя собой огромное внутреннее море. Советские географы и гидрологи, исходя из особенностей рельефа, характера осадков и гидрологического режима, считают, что этот бассейн имеет право на причисление его к океанам. Северный Ледовитый океан характеризуется развитием чрезвычайно широкого шельфа, примыкающего к берегам Евразии и простирающегося на севере до 80° с. ш. На этом шельфе находятся крупные острова и архипелаги островов—Свальбард, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, Северная Земля, Ново-Сибирские острова, острова Де-Лонга и о-в Врангеля. Благодаря им шельф разделяется на ряд морей—Баренцово, Карское, море Лаптевых, Восточно-Сибирское море. Шельф на севере круто спускается к арктическим глубинам.

Со стороны Америки шельф почти целиком занят Гренландией и островами Северо-американского архипелага. Центральная часть океана заполнена глубоководным бассейном, расположенным между Северным полюсом и американским шельфом. Глубина его, по данным экспедиции Папанина и ледокола «Седов», превышает местами 6 000 м. Таким образом, в Северном Ледовитом океане имеется очень глубокий бассейн, окруженный мелководными краевыми морями.

Сейсмичность в Северном Ледовитом океане обнаружена лишь в поясе шельфа, где она, очевидно, связана с жизнью палеозойских и мезозойских складчатых систем, центральная же арктическая область, повидимому, асейсмична.

Имеется предположение, что в Арктике толщина земной коры достигает 20—30 км, т. е. примерно такая же, как и в Атлантическом океане. Нужно оговориться, что эти данные относятся к шельфу, а не к центральному бассейну, природа которого остается нам неясной; не исключена возможность, что здесь имеется изолированный участок базальтового основания.

2. Природа Ледовитого океана

Для Северного Ледовитого океана крайне характерно то обстоятельство, что складчатые системы материков не проникают внутрь арктического бассейна, а, подойдя к нему, следуют его очертаниям. Каледонская складча-

тая зона Норвегии проходит на Свальбард и, видимо, составляет основу Баренцова моря. На севере она загибается к западу, проходит через порог Нансена в северную Гренландию и Землю Пири, откуда, по всей видимости, проходит через северную часть архипелага, смыкаясь с Кордильерами.

Герцинские складки Урала разветвляются на севере, образуя складки Новой Земли и уходя под уровень Карского моря. По всей вероятности, мы имеем здесь свободное разветвление Урало-Тяньшанской системы складок, включая сюда и складки Северной Земли.

Верхоянские складки разветвляются вблизи устья Лены; меньшая их часть затухает у устья Хатанги, а основной ствол складчатой системы резко заворачивает к востоку, обходит массив Чукотского мыса с севера и далее смыкается с поясом Кордильер. К северу от этой системы Шатский устанавливает платформу Де-Лонга, отделяющую ее от глубин Арктики.

Таким образом, все складчатые системы как бы обволакивают центральный арктический бассейн, отнюдь в него не проникая.

Совершенно ясно, что область шельфа Северного Ледовитого океана имеет строение примыкающих к нему частей материков. Сложнее дело обстоит с интерпретацией центрального Арктического бассейна. По этому поводу имеются среди геологов весьма большие разногласия. Некоторые советские геологи (Панов, Милорадович и др.) склонны считать этот бассейн имеющим геосинклинальный характер, причем они устанавливают связь складчатых систем Европы и Урала с Кордильерами. Мы видели выше, что это противоречит имеющимся фактам, свидетельствующим согласно, что складчатые системы не проникают внутрь Арктического бассейна. Архангельский выдвинул предположение, что в Арктическом бассейне располагается глубоко погруженная платформа, часть которой видна на островах Де-Лонга и которая вызывает отклонение складчатых систем. Эта точка зрения не может быть принята, так как геология не знает случая, чтобы докембрийская платформа была перекрыта отложениями очень глубокого морского бассейна. К тому же для Арктики крайне характерно наличие в течение всей земной истории морского бассейна. Последнее может быть выведено на основании следующих фактов: Арктический бассейн является центром распространения трансгрессий в Северной Америке и Евразии. Вспомним нижнепалеозойские трансгрессии на Канадском щите, проникновение в Гренландию и на Русскую платформу каменноугольных и пермских морей, приуроченность триасовых отложений к высоким широтам. Не менее показательны широкое развитие в Арктике юрских и отчасти нижнемеловых отложений; наконец, обширная четвертичная и современная трансгрессия окружают широким поясом Арктический бассейн.

Другой признак крайней древности Арктического бассейна—это то, что он являлся в течение ряда периодов центром распространения фауны, «внезапно» появлявшейся по берегам современных материков. Наконец, очень характерно, что Арктический бассейн всегда служил связующим звеном между бассейнами Евразии и Америки, через которое всегда осуществлялся обмен фауны.

Все это показывает исключительную древность центрального Арктического бассейна, к тому же обладающего некоторыми особенностями тихоокеанского типа, а именно: асейсмичность, параллелизм складчатых простираний его очертаниям, равнинность дна. В связи с этим можно высказать гипотезу, что здесь имеется изолированный участок симатического пояса земного шара.

V. ИНДИЙСКИЙ ОКЕАН

1. Общие данные

Индийский океан расположен между Африкой, Азией, Австралией и Антарктидой. Его можно разделить на три части, структурно и исторически отличающиеся друг от друга.

Первая часть занимает его западную половину, ограниченную на западе Африкой, а на востоке меридианом южной оконечности Индии. Эта часть океана включает о-в Мадагаскар и две полосы островов, расположенных на общих гребнях. Первый из них несет на себе Сейшельские острова, банку Назарет и о-ва Маврикия и Реюньон. Другой гребень тянется с севера на юг, образуя о-ва Лаккедивские, Мальдивские и Чагос. Существует еще подводный гребень с глубинами до 3 000 м, протягивающийся от мыса Гвардафуй в юго-восточном, а потом в южном направлении до о-в Родригес. Между этими гребнями располагаются котловины, в которых глубина достигает 5 000 м. Мадагаскар также имеет к югу подводное продолжение вплоть до широты южного побережья Африки. Все это показывает наличие в западной части океана резко дифференцированного рельефа дна, состоящего из более или менее прямолинейных гребней и котловин.

Восточная часть океана имеет совершенно иную характеристику: от островов Чагос до берегов Австралии расстилаются подводные равнины с расплывчатыми очертаниями, на которых глубина колеблется от 4 000 до 6 500 м, напоминая тем самым наиболее характерные черты Тихого океана. Острова в этой части Индийского океана исключительно редки. От Явы и Суматры эти подводные равнины отделяются глубокими и узкими впадинами и линией островов, которые к северу продолжаются в виде Никобарских и Андаманских островов, примыкающих к берегам Бирмы.

Южная часть Индийского океана имеет очень много общих черт с южной частью Атлантического океана. Сюда продолжается Срединный Атлантический гребень, тянущийся от острова Тристан-д'Акунья через о-в Буве к о-ву Кергелен. Отсюда гребень поворачивает в сторону Антарктиды, к которой он и примыкает у Земли Вильгельма II. По краям гребня имеются котловины с глубинами до 5 000 м. К югу от Австралии проходит также полоса с глубинами до 3 000 м, но уже не в виде гребня, а широкой полосы; возможно, что это различие связано с недостатком данных в этой части океана.

2. Природа Индийского океана

Различие морфологии дна всех трех частей Индийского океана связано с крупными особенностями структуры земной коры и ее развития.

Западная часть Индийского океана имеет типичный геосинклинальный характер, а кордильеры островов и подводные гребни представляют, повидимому, остатки затопленной складчатой системы, которая возникла здесь, вероятно, в конце верхнего мела. Эта же последняя создавалась на фоне геосинклинального режима, появившегося здесь, повидимому, с триаса. О последнем говорит появление отложений триасовой трансгрессии в Мозамбикском проливе, наличие юрских отложений по берегам Африки и Мадагаскара и связь фауны последнего и Индии. Для нас несомненно крупнейшие опускания, имевшие место на рубеже верхнего мела и палеогена, что обозначается огромными полями развития базальтов в Сомали, Аравии и Индии. Очевидно, что опускания в геосинклинали чередовались с поднятиями, благодаря которым осуществлялся обмен наземной фауны Мадагаскара и Индии. Для нас также несомненно, что в верхнем палеозое существовал материк Гондваны, объединявший Африку и Индию. Выше мы высказали гипотетическое предположение, что в этом районе существовало Каледонское сооружение, спаявшее Африку и Индию и затем снова начавшее погружаться в триасе. Последнее привело к созданию геосинклинального режима в мезозое и ларамийской складчатости, после которой последовали новые погружения, приведшие к современному геосинклинальному режиму.

Интересно отметить, что эта часть Индийского океана характеризуется довольно интенсивной сейсмичностью.

Восточная часть Индийского океана не может считаться современной геосинклиналью, так как этому противоречит ряд фактов: выравнивание дна, отсутствие сейсмической деятельности, изостатическая компенсация, резко отличающаяся от зоны отрицательных аномалий, сопровождающих Зондские острова. К этому еще нужно прибавить, что складки Индонезии не заходят в область океанических глубин, а следуют вдоль их края. Срединный Атлантический гребень отклоняется к югу, подходя к подводным равнинам восточной части Индийского океана. Несомненно, что здесь имеется бассейн очень значительной древности, об этом говорят трансгрессии в Австралии, начиная с кембрия, и появление трансгрессий в Индии, начиная с юры. Этот же район характеризовался наличием своеобразной фауны. Все вместе взятое позволяет нам считать восточную часть Индийского океана за область литосферы тихоокеанского типа с базальтовым основанием—остатком древнейшего состояния земного шара. Никким образом нельзя предполагать наличие здесь материка Гондваны, будто бы соединявшего Африку и Австралию.

Что же касается южной части Индийского океана—Нереис палеогеографов, то это, повидимому, современная геосинклиналь атлантического типа с погруженной ларамийской складчатой зоной. Уход в эту часть океана каледонских и герцинских складок Австралии, гондванских складок Аргентины, капских складок Южной Африки свидетельствует о том, что здесь протягивается система складок каледонских, герцинских, капских и, очевидно, ларамийских. Разобранные выше условия в Южной Африке указывают на то, что южнее современного материка располагалось сложное тектоническое сооружение. Нет еще оснований говорить о том, что эта складчатая зона была развита на всем протяжении от Аргентины до Австралии. Скорее всего она существовала между Африкой и Антарктидой и к югу от Австралии.

Таким образом, современный Индийский океан сложился из древнего тихоокеанского типа бассейна, к которому присоединилась мезо-кайнозойская геосинклиналь западной части и геосинклиналь юга, возраст которой неизвестен.

VI. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Типы океанических впадин и их характеристика

Рассмотрев характер океанических впадин и установив с большей или меньшей вероятностью их структуру, нам необходимо коснуться нескольких общих вопросов.

Прежде всего мы отмечаем, что на земном шаре существует два типа океанических впадин. Один из них характеризуется исключительно большой древностью своего происхождения; в течение всей доступной для изучения земной истории эти океанические впадины, повидимому, существовали, являясь основным вместилищем водной массы. Данные сейсмологии, вулканологии, тектоники и геоморфологии дна заставляют нас признать, что эти впадины имеют в качестве основания более или менее близко расположенный к поверхности базальтово-перидотитовый субстрат. Сюда относится Тихий океан внутри андезитовой линии, что сейчас уже твердо установлено в геологии и геофизике, а также восточная часть Индийского океана и, повидимому, глубинная часть Северного Ледовитого океана. Гутенберг и Рихтер относят к бассейнам подобного типа также и Карибское море, что требует, естественно, дальнейших подтверждений.

Океанические впадины этого типа характеризуются очень большими глубинами—в среднем около 4 000 м—и относительной равнинностью дна. Первое связано с большой плотностью основания, занимающего в силу изостатической компенсации земной коры наиболее возможный низкий уровень. Второе обстоятельство свидетельствует о том, что океанические впадины первого типа не затронуты складчатостью. В этом отношении в высшей степени характерно, что складчатые системы не заходят внутрь океанических впадин с базальтово-перидотитовым основанием, а оконтуривают их. Уже по этому обстоятельству можно судить о характере океанических впадин.

Время происхождения океанических впадин рассматриваемого типа связано с теми эпохами развития земного шара, которые не оставили нам никаких геологических документов. Эти впадины—свидетельство первичного состояния земного шара, когда последний был с поверхности заключен в симатическую литосферу. С тех пор развитие шло в направлении формирования сиалической оболочки, которая еще не образовалась целиком, и в отдельных областях планеты еще видны остатки первоначального состояния литосферы, поэтому упомянутые выше океанические впадины могут считаться первичными. Этим и объясняется их древность и приуроченность к ним издревле существующих океанических бассейнов.

Второй тип океанических впадин расположен внутри области сиалической коры. Сюда относятся Атлантический океан, западная часть Индийского и периферическая часть Тихого океана. Упомянутые выше океаны имеют геосинклинальную природу, что доказывается резкой дифференцировкой рельефа дна, характером вулканических продуктов, особенностями сейсмической деятельности, а также и тем обстоятельством, что складчатые зоны уходят на дно этих океанов. Кроме того, из данных геологической истории явствует, что эти океаны претерпели складкообразование в течение ряда орогенических циклов. Это наиболее мобильные области земной коры, в которых орогеническая деятельность проявляет себя и в настоящее время. К такого же типа мобильным поясам следует отнести и Тетис, который только временно занят складчатыми сооружениями и изолированными геосинклинальными бассейнами.

Подобные океанические впадины следует назвать вторичными, так как они создались на фоне отмирания первичных впадин. Последние с течением времени также перейдут во вторичные, когда постепенно станут исчезать с земного лика области с базальтовым основанием—пережитком космического состояния планеты.

2. Характеристика океанов-геосинклиналей

Из изложенного видно, что океаны вторичного типа являются бассейнами геосинклинального типа, причем они характеризуются целым рядом признаков, существенно отличающих их от геосинклинальных бассейнов прошлого. Прежде всего обращает на себя внимание ширина таких океанов-геосинклиналей, как Атлантический океан и Нерес; более узки Индийская геосинклиналь и периферические геосинклинали Тихого океана. Далее в них имеется чрезвычайно резкая дифференциация рельефа морского дна, которая определяется размахом его в 4 000—5 000 м, причем в ряде районов наблюдаются глубины, превышающие 7 000 м. В связи с этим, естественно, и осадкообразование имеет совсем особый тип—отлагаются красная океаническая глина, радиоляриевый и глобигериновый илы—осадки, аналоги которых почти никогда не встречаются в геологических разрезах. Это последнее подало повод утверждать перманентность океанических впадин, так как было признано, что осадки подобного типа свойственны лишь океанам и никогда не появлялись на земной поверхности.

Повидимому, мы стоим перед совершенно новым строем фактов: геосинклинали прошлого отличались меньшей дифференцировкой рельефа и меньшим его размахом. Особенности современных океанов-геосинклиналей свойственны лишь нынешней геологической эпохе. Огромные глубины океанов-геосинклиналей заставляют нас признать наличие очень недавних крупнейших опусканий, создавших современные океанические впадины. Существование подобных крупнейших опусканий доказывается рядом фактов. Так, обращает на себя внимание наличие у ряда берегов чрезвычайно узкого шельфа и громадного континентального склона. Не менее важно развитие коралловых построек, свидетельствующих о весьма значительных опусканиях их основания.

Особую, еще как следует не решенную проблему составляет вопрос о подводных долинах. Дело в том, что на дне океанов наблюдаются очень глубокие каньонообразные вытянутые впадины, развитые обычно на континентальном склоне и опускающиеся до глубин в 2 000 м и более. Относительно их происхождения существует огромная литература, причем имеются две основных гипотезы их происхождения. Одна из них предпо-

лагают, что эти каньоны образованы под водой и представляют собой одну из особенностей морского дна. Что же касается процессов, вызвавших образование этих удивительных форм рельефа, то они остаются в высшей степени неясными. Говорят о подводной эрозии водами отливов, прибегают к помощи гипотезы сбросов, движений моря в результате землетрясений, к проявлению эродирующей силы морских течений и т. д. Самое поразительное то, что подводные долины обычно начинаются у устьев рек, затем пропадают на шельфе, где они, повидимому, заполнены осадками, и снова возобновляются на континентальном склоне, достигая огромных глубин. Сторонники второй гипотезы склоняются к мысли о том, что мы имеем здесь дело с настоящими речными долинами, выработанными в эпоху чрезвычайно крупного поднятия суши, после чего последовало очень быстрое ее опускание; последнее увело ниже морского уровня созданные речные долины, формы которых оказались законсервированными на морском дне, где, как известно, отсутствует столь широко распространенная на суше денудация и разрушение склонов. Доказательством этого положения являются профили каньонов, подобные профилям наземных речных долин, наличие каньонов второго порядка типа притоков основных углублений и связь их с речными долинами суши. Так, превосходные подводные каньоны обнаружены против долины р. Адура во Франции, р. Конго, р. Гудзон, многих рек Калифорнии и берегов Атлантического и Тихого океанов.

Советский ихтиолог Линдберг отметил крайне важное явление, связанное с наличием подводных каньонов, а именно общность рыбной фауны материка и близлежащих островов, связанных воедино подводными долинами. В связи с этим можно с полным правом высказать предположение, что подводные каньоны представляют собой затопленные речные долины, образовавшиеся в эпоху исключительно низкого стояния океанического уровня. Последнее могло иметь место при двух обстоятельствах: во-первых, при изъятии огромного количества влаги при образовании антропогенных материковых ледниковых покровов, что вызвало несомненное понижение океанического уровня эвстатического порядка; во-вторых, к этому времени относится исключительно мощное поднятие древних тектонических элементов, приуроченное к концу альпийского цикла складчатости и сопряженное с крупнейшими компенсационными опусканиями.

Таяние ледников вызвало общее повышение океанического уровня, а завершение альпийского орогенеза вызвало прекращение поднятий, а следовательно, и опусканий в океанических впадинах. Благодаря этому создавшиеся речные долины оказались затопленными. Именно к этому времени относится образование краевых морей Восточной Азии и общее погружение на севере Атлантического океана; последнее прекрасно доказывается расчленением Канадского щита и образованием Северо-Американского архипелага, а также формированием островов Великобритании и морей Арктического шельфа Евразии. В связи с подобными опусканиями стоит образование береговых уступов Африки и огромное накопление коралловых известняков в Тихом и Индийском океанах. Таким образом, недавние опускания имеют всеобщее распространение. Об этом говорит создание таких мощных эстуариев, как эстуарии Жиронды, Амазонки, Гудзона, Амура, Янцзы и других рек.

Нужно думать, что в начале антропогенного периода имело место чрезвычайно сильное опускание океанических впадин, соединенное с соответствующим поднятием суши; в дальнейшем же произошло некоторое смягчение крайностей этого процесса, выразившееся в опускании материков, о чем нам и говорит явление подводных каньонов.

ЧАСТЬ ДЕВЯТАЯ

ОБЩАЯ
СТРУКТУРА ЗЕМНОГО ШАРА

1. ОСНОВНЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ

1. Принципы выделения основных элементов структуры

На земном шаре мы видим ряд структурных элементов, составляющих земную кору в целом. Из них впервые были выделены Дж. Голлом и Дэна в США и Огом во Франции геосинклинальные зоны, которым, однако, вначале не придавали структурного значения, а считали их лишь поясами особо интенсивного накопления осадков. Понятие о платформах впервые было сформулировано Зюссом, который их называл «форландами»¹, рассматривая их как упоры для распространения складчатых систем, специального же разбора их структуры Зюсс не сделал.

Основоположником наших представлений о платформах следует считать Карпинского, давшего впервые характеристику тектоники Русской платформы.

У Ога платформы фигурируют под названием «континентальных площадей», а моря, покрывавшие их, он назвал «эпиконтинентальными морями». Здесь видно смешение представлений о платформах и о материках. Иными словами, «континентальные» площади Ога еще не имеют структурного значения. В этом отношении идеи Карпинского, несомненно, глубже, так как наш великий ученый придавал платформам определенное структурное значение. Последователями его в этом отношении являются Архангельский и Шатский, в трудах которых дан глубокий анализ структуры платформ и их развития.

Понятия геосинклинали и платформы получили несколько иное содержание в работах Кобера; последний выделяет «орогены», имеющие чисто структурное значение, но создающиеся только на фоне геосинклинального развития. Кобер, таким образом, отделяет развитие геосинклинали, как элемента земной коры, характеризующегося осадконакоплением, от орогенеза, в результате которого формируется складчатое сооружение. Платформы фигурируют у Кобера под именем «кратогенов», т. е. площадей, характеризующихся стабильностью, откуда исходят силы, создающие складчатые системы. По мнению Кобера, в настоящее время нет ни тех, ни других, а структурные элементы представлены «эпейрогенами» — стабилизированными массами материков и «океаногенами» — погружающимися океаническими впадинами.

Из зарубежных геологов отметим еще Бубнова, Штилле и Букера. Согласно представлениям первого из них, имеются следующие категории структурных элементов земной коры: 1) глубокое море, 2) геосинклинали,

¹ «Передняя страна» — по переводу А. П. Павлова.

3) шельфы, разделяющиеся на лабильные, стабильные и ингомгенные, 4) глыбы I и II порядка. Эта классификация структур отличается, во-первых, сложностью, а во-вторых, непоследовательностью. В самом деле глубокое море не является структурной категорией, оно может быть приурочено к океанам с базальтовым основанием, к геосинклиналям и даже в некоторых случаях к платформам. Шельфы отнюдь не структурная категория, а геоморфологическая, в связи с чем Милановский предложил заменить этот термин выражением «плита», что имеет уже вполне структурный смысл. Плиты и глыбы вместе взятые составляют платформы или геоантиклинали. Кроме того, у Бубнова имеется очень резкий разрыв между «шельфами» и геосинклиналями, между которыми нет переходных элементов.

Критерием для выделения всех этих элементов у Бубнова служит амплитуда колебаний: так, глыбы I порядка имеют преимущественную тенденцию к поднятию, глыбы II порядка характеризуются наряду с этим и слабым опусканием: «шельфы» разных типов колеблются между низкой страной и мелким морем, геосинклинали—между глубоким морем и высокогорными областями. Что же касается до глубокого моря, то оно имеет тенденцию только к опусканию.

Эта классификация структур земной коры слишком схематична, страдает крупными логическими несовершенствами и в конечном счете не исторична. Вследствие этого она не может быть нами принята целиком.

Современная классификация структурных элементов земной коры Штилле очень сложна, изобилует трудно запоминаемыми греческими терминами и в основе своей глубоко формалистична. Основное, что заключается в этой классификации, это выделение ядер материков, а именно—докембрийских платформ в качестве «кратонов». Этот термин принят также Шатским, который устанавливает, что кратоны отличаются пенеппенизированной поверхностью складчатого сооружения, а также и тем, что структура горизонтального осадочного их покрова не связана преемственностью развития со структурами фундамента.

Те платформы, которые создались в результате послепротерозойских орогенических движений, Штилле называет «квазикратонами». Нам кажется, лучше называть их «молодыми платформами», в них, как показал Шатский, структура платформенного прогиба обычно является унаследованной от структуры фундамента, представляя собой постепенно замирающие опускания и поднятия, связанные с крупными движениями подобного рода в предыдущем этапе развития структуры.

В геосинклиналях Штилле выделяет два различных типа строения—один, приуроченный к центральным зонам геосинклинали, а другой—к периферическим. Штилле выделяет также «парагеосинклинали»—такого рода опускания, которые имеют много общего с геосинклиналями, но отличаются от них характером осадкообразования и наличием германотипной складчатости, иначе говоря, складчатости пост-орогенной, лишенной альпийнотипных форм.

Букер (*Bucher*) выделяет в земной коре (прогибы), куда он включает как геосинклинали, так и современные океанические впадины, и «выступы», которые у него аналогичны нашим платформам. Кроме того, он выделяет «выступы с пониженной подвижностью»; это те платформы, которые испытали раздробление и отличаются меньшей стабильностью, чем те, которые не затронуты разломами. По Бубнову, подобные платформы находятся на пути к превращению в «подвижные пояса», в частности, в геосинклинали.

2. Основные категории структур литосферы

Мы уже не раз говорили, что литосфера по своей структуре гетерогенна, причем это различие намечается не только в разделении ее на симатический и сиалический пояс, т. е. по вертикали, но и при горизонтальном ее расчленении на различные структурные категории. В связи с этим мы выделяем ряд последних, которым и даем соответствующую характеристику и представление об их происхождении (карта I).

1. Первичные океанические впадины. Сюда относятся все те крупнейшие отрицательные формы литосферы, которые заняты океанами и характеризуются либо отсутствием сиалической коры, либо очень незначительной ее толщиной. Мы уже отмечали, что для них крайне типично присутствие базальтово-перидотитового основания, почти полное сейсмическое спокойствие и наличие исключительно базальтовых излияний. Складчатые системы нигде не проникают в эти области, а следуют в своем распространении вдоль их периферии. Мы отмечаем на земном шаре три области с симатическим основанием—Тихий океан внутри андезитовой линии, восточная часть Индийского океана и глубинная часть Северного Ледовитого океана. Мы рассматриваем эти океанические впадины, как остатки космического состояния земного шара, когда литосфера была почти полностью базальтово-перидотитовой, прикрытой весьма тонким сиалическим слоем, возникшим в результате дифференциации базальтовой магмы. По подсчетам петрографов, при этом процессе возникает не более 3—4% гранитных пород, вся же остальная масса гранитов произошла за счет переплавления осадочных пород, полученных благодаря перемыванию и перетолжению первичной коры земного шара.

2. Вторичные океанические впадины или же океаны-геосинклинали представляют собой мощные погружения земной коры, не имеющие базальтово-перидотитового основания, но располагающиеся поверх сиалической коры с сокращенной мощностью. Сюда мы относим Атлантический океан, западную часть Индийского и океан Нерейс. Эти океаны характеризуются неоднократными проявлениями складчатости, наличием затопленных горных сооружений с резко рассеченным рельефом и существованием в высшей степени дифференцированного подводного рельефа.

Особенно характерным для этого типа океанических впадин является наличие абиссальных глубин, присутствие подводных каньонов, идущих до очень больших глубин, а также факт обрамления континентов крупными разломами. Все эти факты заставляют признать, что океанические впадины второго типа имеют геосинклинальную природу, без чего в них не могли бы образоваться складчатые структуры; геосинклинальный режим в них заложен с очень древних времен, когда симатическая кора покрывалась постепенно осадочными породами, создавшими в конце концов сиалическую кору, приобрела свойства мобильных поясов литосферы и превратилась в геосинклинальные области. Появление в этих областях платформенной структуры, хотя и имело место, но было временным явлением, после чего снова возобновлялись условия геосинклинального режима.

Вторая особенность этих впадин заключается в появлении в недавнее геологическое время крупных погружений, о чем свидетельствует наличие абиссальных глубин, подводных каньонов, затопленных горных систем и краевых разломов. Подобного рода крупнейшие опускания не свойственны геосинклинальным областям прошлого, а появились лишь в недавнее время и придали геосинклиналям новое свойство, появление которого связано с вертикальной дифференциацией, столь типичной для современной геологической эпохи.

3. Геосинклинали характеризуются всеми признаками, свойственными этого рода структурным элементам литосферы. Сюда относятся: резкая дифференцировка рельефа, наличие крупных и мелких островов, из которых первые являются обычно срединными массивами, а вторые— местными поднятиями и кордильерами, далее, можно отметить резкую сейсмичность, в частности, наличие зоны глубокофокусных землетрясений, а также энергичный вулканизм, представленный главным образом излияниями андезитов, трахитов, лейцитовых базальтов и тому подобных продуктов дифференциации основной магмы. Кроме того, для этих зон следует отметить развитие современной складчатости, соединенной с нарушением изостатической компенсации литосферы.

К такого рода типичным геосинклиналям следует относить северную часть Атлантики, Средиземное и Черное моря, восточноазиатские краевые моря вплоть до андезитовой линии на востоке, всю Индонезию, расположенные к востоку от Австралии морские бассейны и островные архипелаги. Кроме того, к типичным геосинклиналям следует относить также периферическую зону Тихого океана, примыкающую к берегам обеих Америк, а также Вест-Индский архипелаг и Карибское море. Все эти области характеризуются наличием современного орогенеза; крупные погружения здесь также имеют место, но они занимают сравнительно небольшие площади. Указанные выше геосинклинали имеют признаки, весьма близко напоминающие те, которые в геологии считаются типичными для этого рода структур.

В связи с этим можно признать, что на земном шаре имеются геосинклинали в разных стадиях развития. Наиболее молодыми структурами этого рода следует признать район Северной Атлантики, затем океаны-геосинклинали; в незначительной степени подвинулось развитие геосинклинали в Восточной Азии. Что же касается до Средиземного моря, то это бассейн, возникший в результате окончания альпийской складчатости, наследник древнего Тетиса, и поэтому его можно относить либо к очень молодым геосинклинальным образованиям, либо к очень древним.

4. Молодые платформы. Сюда мы относим те платформенные структуры, которые образовались в результате палеозойских и мезозойских складчатостей. Они характеризуются, по Шатскому, наличием структур, унаследованных от геосинклинального режима и, следовательно, тесной их связи со складчатыми структурами. Им свойственны также межгорные котловины с их особым характером осадкообразования, а также особые структуры, именуемые Штилле парагеосинклиналями¹, имеющие переходный характер между геосинклинальными и платформенными структурами. Мы видели примеры подобных структур в Урало-Тяньшанском сооружении, в Забайкалье, Китае, Средней Европе и, в конечном счете, в Скалистых горах. Молодым платформам также свойственны как ровный рельеф плит (Западно-Сибирская плита, плита северной Германии и т. д.), так и горный ландшафт, связанный с молодыми поднятиями древних структур, для которых характерны высокоприподнятые поверхности выравнивания—Тянь-Шань, Алтай, Памир, Сихотэ-Алинь и т. д.

Особняком стоит незатронутый еще вопрос об образовании наиболее молодых платформ, создавшихся в результате альпийской складчатости. Повидимому, к такого рода образованиям относятся Паннонская впадина, являющаяся, по Муратову, зачатком платформенной синеклизы, Иранское плоскогорье и др.

¹ Этот термин употребляется Шухертом, Штилле и Белоусовым в совершенно различных смыслах, а потому его следует исключить во избежание недоразумений.

5. **Платформы** (кратоны) отличаются наличием докембрийского фундамента, в том числе археозойского, характеризующегося наличием огромных массивов гранитов, и карельского, в котором последние также играют очень значительную роль. Все это вместе взятое, равно как и широчайшее развитие метаморфических пород, придает кратонам исключительную прочность и стабильность. Шатский разделяет кратоны на два типа структур. С одной стороны, это щиты наподобие Балтийского или Канадского, представляющие обширные площади выходов докембрийских пород на поверхность,—явление, повидимому, более или менее первичное; иными словами, эти площади лишь в очень незначительной степени покрывались позднейшими осадками. Шатский указывает также, что щиты являются не только областями залегания докембрийских пород на поверхности, но и особенными тектоническими полого-выпуклыми структурными формами платформы, обрамленными отчетливо выраженным тектоническим уступом типа флексур.

Другим элементом кратонов являются плиты—области фундамента, перекрытые толщами осадочных пород большей или меньшей мощности.

Характерным для кратонов Шатский считает также отсутствие связи платформенных структур—синеклиз и антеклиз с особенностями строения фундамента. Иначе говоря, в кратонах отсутствует унаследованность структур, являющихся в них наложенными. Это обстоятельство связано с тем, что, помимо весьма значительной консолидированности кратонов, большое значение имеет факт длительного континентального режима, имевшего место в верхнем протерозое, в течение которого консолидация платформ ушла очень далеко, так что позднейшие структуры оказались уже не связанными со строением фундамента платформ.

Платформы-кратоны представлены в Северном полушарии Северо-Американской, Русской и Сибирской платформами, в Южном—Бразильской, Патагонской, Африканской, Индийской и Австралийской. Все они образуют ядра или наиболее стабильные области современных материков. Ни одна из них не оказалась разломанной и превращенной в геосинклинальные области, за исключением некоторых своих периферических частей. Неясным представляется лишь формирование Андской геосинклинали в области развития несомненного кратона. Характерным для платформ-кратонов является образование в их теле мощных прогибов типа Донецкого бассейна, Вичита, зоны Скалистых гор и зон складчатости в области Китайской платформы; последняя, благодаря своему особому положению между двумя крайне подвижными геосинклинальными поясами, оказалась распавшейся на отдельные массивы и имеет в настоящее время характер молодой платформы.

Платформы-кратоны, являясь наиболее консолидированными частями литосферы, определяли собой расположение позднейших геосинклинальных поясов и направление складчатых простираций, равно как и характер складчатых структур и расположение предгорных прогибов.

II. СТРУКТУРА И РАЗВИТИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ

1. Каледонская складчатость и ее план строения

Немыслимо представить в сколько-нибудь определенной форме расположение складчатых систем для докембрия. Поэтому мы устанавливаем лишь наличие платформ-кратонов, созданных всей совокупностью складкообразовательных процессов, имевших место в докембрийское время. Наше прослеживание изменений в структуре земной коры мы начинаем поэтому с каледонского цикла. Однако и для этого последнего у нас не хватает очень большого количества данных (карта II).

Каледонские складки создались между Северо-Американской и Русской платформами, обходя гипотетический Северо-Атлантический массив. Господствующие простирания здесь северо-восточные, а на севере меридианальные. Последние, подходя к глубинной области Арктики, уклоняются к северо-западу и западу, обходя Канадский и Гренландский щиты с севера; очевидно, они имеют непосредственную связь с каледонскими складками Аляски. Неясна судьба каледонских складок на юге; их можно проследить в северной части Аппалач, но сколь далеко они продолжаются в область центральной части Атлантического океана—остается неизвестным. Можно думать, что, подходя к геосинклинали нижнепалеозойского Тетиса, они постепенно замирают.

По другую сторону Русской платформы каледонские складки, правда, очень ранних фаз, прослеживаются вдоль Урала. Они имеют здесь меридианальное простирание; в Казахстане, Алтае, Восточном Саяне и, видимо, в западной Монголии каледонские складки принимают юго-восточное простирание, переходящее далее в восточное. Далеко на юг они не прослеживаются; только в центральном Тянь-Шане каледонские складки выражены очень резко, образуя самостоятельный центр консолидации.

Несомненно, что каледонские складки протягиваются далее в северо-восточном направлении через Забайкалье и Приамурье, обходя с юга Сибирскую платформу. Достигают ли они на юге Китайской платформы,—остается неизвестным.

В широтном поясе Тетиса каледонские складки захватывают в Европе его северную и южную периферию, не затрагивая наиболее широкой его центральной части. Их можно проследить на Кавказе и в Иране. На Памире, они, несомненно, отсутствуют, в Гималаях развиты далеко не повсеместно. Эти данные показывают, что для пояса Тетиса каледонские складки не характерны. На востоке каледонские складки занимают восточную Австралию и к северу погружаются; наличие их на востоке Азии вероятно. Они обнаруживаются в Сихотэ-Алине, в Верхоянье и на Колыме, откуда

каледонские складки перебрасываются в Аляску. Их можно проследить вдоль края Северо-Американской платформы, где они образуют Палеокордильеры. Они скрыты под более молодыми структурами в Вест-Индии.

Каледонские складки оконтуривают Бразильскую платформу с севера, запада и юга. Можно говорить об их наличии к югу от Африки. Весьма вероятно присутствие каледонид между Южной Америкой и Африкой, а также между последней и Индией.

Замечается разница во времени появления каледонской складчатости в разных местах земного шара. Так, от Гренландии к востоку, а также в Тетисе складчатость преимущественно эрийская с очень сильными движениями таконской фазы, а на Урале и в смежных районах—таконская и более ранних фаз (салаирской и пр.).

В Аппалачах основная каледонская фаза—акадийская—приходится на верхний девон. В Палеокордильерах, Палеоандах и, повидимому, в зоне Нерейс каледонские движения приходятся на таконскую фазу.

В результате каледонской складчатости создались молодые платформы в северной Атлантике, частично в Казахстане и западной Сибири, в Забайкалье и на Кольме.

Можно высказать предположение об образовании Южно-Атлантической и Индийской молодой платформ. Эти платформы оказались образованиями различной устойчивости. Весьма прочной оказалась Эрия, спаявшая Северо-Американский и Русский кратон: она просуществовала до эоцена. Не менее устойчивой оказалась небольшая платформа Забайкалья, испытавшая неоднократное коробление и ряд разломов; она и до сих пор находится на платформенном положении, но имеет уже черты кратона.

Гипотетические платформы южной Атлантики и Индо-Африки просуществовали до мела, когда они были разломаны и снова превратились в области с геосинклинальным режимом. Наименее устойчивой оказалась платформа в Казахстане: уже в девоне эта область принимает геосинклинальный характер.

В результате каледонской складчатости создалась Лавренто-Россия, объединившая в одно целое два кратона Северного полушария. Разрослась Ангарида, в которую вошла Сибирская платформа и опоясывающие ее каледонские складки. На юге создалась Гондвана и увеличилась к востоку Австралия. Особых изменений в Тетисе не произошло.

Из сказанного видно, что каледонский план складчатости складывается из складок меридианальных и близких к ним систем, тогда как широтные складчатые системы выражены очень слабо и неопределенно.

2. Герцинская складчатость и ее распространение

Для герцинского плана особенно характерно присутствие мощного широтного пояса складок, занявшего почти весь Тетис. Мы видели, что они начинаются в Северной Америке складками Уачита и теми складками, которые слагают ядро Мексики, а также Кубы и других крупных островов Вест-Индского архипелага. К востоку эти складки исчезают в центральной части Атлантики, чтобы снова появиться в Западной Европе и Северной Африке. Южный край этой складчатой системы определяется северным бортом Бразильской и Африканской платформ. Естественно, что он может быть только схематично намечен между ними (карта III).

На севере перед нами располагается узкая зона Аппалач, отделенная от всего складчатого сооружения древним массивом Аппалачи, истинная величина которого нам неизвестна. Край герцинской системы на севере отмечается линией Ньюфаундленд—южная оконечность Ирландии.

Таким образом, солидаризируясь с Шатским, Фридрихом Зюссом, Вандерсхоот-ван-дер-Грахтом и Штилле, мы рисуем в центральной части Атлантики мощное складчатое Герцинское сооружение, проявляющееся в Европе от Ирландии до Сахары и протягивающееся к западу от сбросовых берегов Западной Европы с тем же широтным простиранием. В Западной Европе герцинские складки отчасти пересекают под острым углом каледонские складки, отчасти перекрывают их, следуя в основном их простиранию; то же имеет место и в Высоком Атласе. Только в центральной части геосинклинального пояса герцинские складки захватывают весь палеозой ввиду отсутствия в нем каледонских структур.

В районе Италии картина меняется, так как в южной части геосинклинального пояса герцинские складки не консолидируют земную кору, а сейчас же после своего образования перекрываются снова геосинклинальными толщами перми и мезозоя. Северная зона не обнаруживает этих особенностей и протягивается через Альпы, Карпаты, Крым и Кавказ, соединяясь на востоке с складками Урало-Тяньшанского сооружения.

От Малой Азии до Индо-Китая герцинские складки не консолидировали земной коры, но были опущены и перекрыты верхним палеозоем и мезозоем. Продолжение Индо-Китайских герцинид видно в Австралии и Новой Зеландии. Так заканчивается этот крупнейший широтный пояс герцинских складок. На западе он создал обширную, местами весьма неустойчивую платформу, а на востоке от Малой Азии до Индо-Китая герцинские складки оказались весьма мало консолидированными. Крайний юго-восток герцинского пояса создал также молодую платформу к востоку от Австралийского кратона.

Другой пояс герцинских складок, Урало-Тяньшанский, начинается на крайнем севере и перекрывает каледониды почти целиком. Следуя простиранию последних, он изгибается к юго-востоку и востоку, в районе Б. Хингана приобретает северо-восточное и меридианальное направление, постепенно замирая на северо-востоке Азии. Наконец, есть основание полагать, что в зоне Нерейс также создались широтные герцинские складки.

Герцинская складчатость происходила весьма одновременно. Наиболее ранние проявления относятся к Австралии и Южной Африке (преднижнекаменноугольные). В широтном поясе Тетиса наибольшее распространение имели движения предмосковские (судетские, фазы Вичита и пр.), причем в Аппалачах окончательное формирование складчатой зоны запаздывает до конца перми. В Урало-Тяньшанском поясе герцинские движения также весьма поздние—конца перми и начала нижнего триаса, хотя крупные проявления складчатости имели место в среднем и верхнем карбоне. Можно отметить, что широтные проявления герцинской складчатости обычно имели место в домосковское время, иногда в доуральское, а в простираниях более или менее меридианальных—в предтриасовое время.

В результате герцинской складчатости создались три платформы: первая обнимает все пространство от Мексики до Польши. Она сохранилась в качестве платформы лишь в Европе и отчасти в США (Уачита и Аппалачи); наибольшая же ее часть была опущена в мезозое при создании вновь широтного мобильного пояса Тетиса.

Вторая платформа создавалась между Русской, Сибирской и Китайской платформами-кратонами; связывая эти три консолидированные массы земной коры, она сохранила характер платформы до наших дней, хотя и претерпела ряд общих и местных опусканий, разломов и мощных сводовых поднятий, создавших на ней современный высокогорный рельеф.

Третья платформа образовалась между Австралийской платформой-кратоном и Тихим океаном; она просуществовала до совсем недавнего времени, когда большая ее часть оказалась опущенной и разломанной.

Герцинская складчатость создала, таким образом, мозаично построенную Лавразию, протянувшуюся от Кордильер до Верхоянья и восточных берегов Китая, а также Гондвану и Австрало-Ново-Зеландию.

3. Мезозойские складчатые структуры и погружения

Мезозой был временем весьма интенсивных орогенических движений и не менее значительных крупных погружений молодых платформ. В отношении складчатости можно выделить три основных эпохи—нижний мезозой, куда относятся орогенические движения между серединой триаса и серединой юры. Далее идет средний мезозой—складчатость верхней юры и нижнего мела, вплоть до конца последнего. Наконец, особое место занимают проявления орогенеза в верхнем мезозое—в верхнем мелу. Очень характерной чертой мезозойских орогенических движений является их как бы несобранность, развитие их в разных районах в различное время, причем перекрывание одних структур другими, более поздними по времени, обычно не имеет места (карта IV).

Мезозойская складчатость приурочена к периферии Тихого океана, где она развивалась в виде меридианальных складчатых поясов. Распространение ее в широтной зоне Тетиса ограничено отдельными районами, причем она становится все более и более слабой по мере удаления от Тихоокеанского пояса.

Нижнемезозойские движения, наибольший пароксизм которых приходится на границу триаса и юры, именуется в Европе древнекиммерийскими, в Индо-Китае—индосинийскими, в Америке—палисадскими, а в южной Африке—капскими. Наиболее значительны эти движения были на юго-востоке Азии, где они опоясывали южный выступ Китайской платформы, причем наиболее сложные структуры были созданы во Вьетнаме и Камбодже. К северо-западу, в сторону Тибета и к северо-востоку—по направлению к Японии и далее в Верхоянье—Индосинийский складчатый пояс постепенно затухает, причем структуры его, еще очень резко выраженные в Японии (Акийоши), на севере Азии имеют совершенно второстепенный характер.

Древнекиммерийские движения проявили себя весьма значительно между Памиром и Каспийским морем, а также на Кавказе и в Балканах. Однако они имели здесь характер скорее колебательных, чем складчатых. В альпийской области Европы они имели весьма небольшое значение. Это затухание древнекиммерийских движений в западном направлении объясняется, как мы видели, тем обстоятельством, что геосинклиналь Тетиса заканчивалась в перми и триасе между Италией и Испанией, благодаря чему и энергия геосинклинального процесса постепенно ослаблялась.

Палисадские движения в Кордильерской геосинклинали были весьма интенсивны, но самостоятельных тектонических структур они не создали и являются в этом поясе второстепенными.

Что же касается капских движений, то о них известно очень мало: они затронули лишь континентальные толщи системы Карру и являются здесь, таким образом, не связанными непосредственно с геосинклинальным режимом; последний, очевидно, имел место южнее современных берегов Африки. Эти складки опоясывают Африканскую платформу с юга. Связь капских складок с другими одновременными образованиями неизвестна, они занимают в общем плане нижнемезозойских движений совершенно обособленное положение.

Таким образом, нижнемезозойская складчатость развивалась из индокитайского центра и проявила себя вдали от него обособленными движениями, возникавшими без связи друг с другом.

Только на юго-востоке Азии раннемезозойская складчатость создала складчатые покровы и сопровождалась гранитными интрузиями, и только в этом районе она привела к созданию значительной платформы; в других же местах это были движения, которые не вызвали консолидации земной коры и были подготовительными для более поздних проявлений орогенеза.

Среднемезозойские движения, известные в Европе под именем юно-кimmerийских, в Китае—иеншанских, на северо-востоке Азии—колымских, в Америке—невадийских и т. д., были распространены значительно шире предыдущих, причем и значение их в деле формирования структуры земной коры было несравненно более крупное. По времени они растягиваются на весьма продолжительный его отрезок, так как к ним относятся движения предкелловейские, предоксфордские, предтитонские, барремские и альбские.

Главное поле развития среднемезозойских движений—Восточно-Азиатская и Верхоянско-Хинганская геосинклинали, а также пояс Кордильер, Анд и зона Новая Гвинея—Новая Зеландия. Довольно значительное их развитие приходится на внутриплатформенные опускания Китая, Монголии и Забайкалья. Их можно проследить от Каракорума через Памир к Каспию, на Кавказ, Балканы и Трансильванские Альпы. Последние являются наиболее западным районом развития их в качестве главной фазы орогенеза. Далее в Альпах они уже имеют небольшое значение, повторяя то, что имело место и в древнекimmerийскую фазу.

Обращает на себя внимание, что во всем поясе от Новой Зеландии до Колымы наиболее интенсивные движения имели место либо в барреме, либо в альбе, тогда как в Кордильерах основная фаза складчатости приходится на конец юры. Что же касается Анд, то имевшие там место орогенетические движения в юре, хотя и были весьма интенсивными, например, в оксфорде, не создали окончательных структур складчатого сооружения. Для зоны Тетиса наиболее типичными движениями были предтитонские и только в Балканах и Трансильванских Альпах они проявляются в апте или даже в конце альба.

О мощности среднемезозойских движений свидетельствует огромное развитие гранитных интрузий, из которых невадийский батолит характеризуется особенно грандиозными размерами. Об этом же говорит и распространение среднемезозойских движений на молодые платформы—Донецкий бассейн, Памир, Монголию и в особенности на Китай, где древняя платформа была ослаблена мощными поперечными прогибами.

В результате среднемезозойского орогенеза создалась громадная платформа Восточной Азии, оказалась снова консолидированной Китайская платформа, образовались платформы в Тибете и Афганистане. Весьма значительную консолидацию земная кора получила на Балканах и в Трансильванских Альпах.

Мы не включаем сюда среднемезозойские движения австрийской фазы в Альпах, Тавре, Загросе, где они не имели самостоятельного значения, а были одной из ранних и очень крупных фаз альпийского цикла.

Верхнемезозойские движения лучше всего известны в Скалистых горах, откуда они и получили название ларамийских. Однако зона Скалистых гор, как мы уже говорили, является не геосинклиналью, а раздавленным прогибом, заложенным в краевой части платформы. Ларамийские движения отчетливо выражены в Центральной Америке и Вест-Индии, а также в зоне Анд, где они начались с турона и продолжались до палеогена.

В зоне Тетиса движения конца мезозоя имели главным образом характер колебательных, вызвавших обширную регрессию моря в палеоцене, что может быть прослежено от Пиренеев до Кавказа. Нужно отметить при этом, что эти движения находятся за пределами мезозойских орогенических движений, входя в состав альпийских. То же имеет место и в Восточно-Азиатской геосинклинали, где ларамийские движения являются первой фазой альпийского и современного складкообразования.

Из этого обзора как будто бы следует, что верхнемезозойские движения приурочены лишь к Вест-Индии и Андам. Однако такое суждение было бы слишком поспешным; наличие резко выраженной ларамийской складчатости не могло бы иметь место, если бы не было в Кордильерской геосинклинали основного пояса складок. Этот последний, повидимому, в настоящее время опущен под уровень Тихого океана; он появляется в Мексике, где принимает широтное направление и делается доступным для наблюдения на Кубе, Ямайке, Эспаньоле и Порто-Рико.

Таким образом, верхнемезозойские движения захватили пояс Кордильер и Анд, иначе говоря, они проявили себя в меридианальном поясе восточной периферии Тихого океана. Однако, видимо, это далеко еще не все.

Нельзя пройти мимо проблемы образования Срединного Атлантического гребня, представляющего, по всей видимости, погруженную мощную горную систему, протягивающуюся на огромном протяжении от Азорских островов на севере до о-ва Буве на юге, от которого она поворачивает на восток и заканчивается у северного берега Антарктиды восточнее о-ва Кергелена. Эта колоссальная горная система, имеющая в своей основе, несомненно, складчатое сооружение, имеет на трех четвертях своего протяжения меридианальное направление, причем ее контур очень близко напоминает линию Кордильер и Анд. Отнесение этого гипотетического складчатого сооружения к верхнему мезозою является в достаточной степени обоснованным, так как оно, несомненно, возникло на фоне меловой геосинклинали, а в эоцене было уже опущено, последние же его остатки погрузились, видимо, уже на памяти человека.

Подобного же рода погруженное складчатое сооружение, созданное, по всей видимости, в конце мезозоя, существует, очевидно, в западной части Индийского океана. Если мы учтем эти проблематические факты, которые, однако, должны быть приняты во внимание, то перед нами предстанет грандиозная система меридианальных верхнемезозойских складчатых зон, из которых основной, несомненно, нужно считать Атлантическую.

Таким образом, мезозою свойственны, по преимуществу, меридианальные складчатые пояса; раннемезозойские движения имеют при этом еще довольно разбросанный характер, среднемезозойские—охватывают Тихий океан, а верхнемезозойские—приурочены к Атлантическому и Индийскому океанам. Движения этих этапов в Тетисе имели ослабленный характер.

Раннемезозойские движения создали весьма значительную Индо-Китайскую платформу, нарастивши к югу Китайский кратон. Среднемезозойские движения консолидировали громадную область Афганистана, Тибета, Китая, Дальнего Востока и северо-востока Азии, нарастив Лавразию вплоть до Тихого океана. Что же касается верхнемезозойских движений, то они консолидировали зону Скалистых гор и отчасти Анд, но настоящих платформ не создали, если не сделать предположения, что участки верхнемезозойской консолидации погружены снова на дно океанов.

Наше рассмотрение мезозойской структуры земной коры было бы неполным, если бы мы не коснулись крупных опусканий, имевших место в течение мезозойской эры, преимущественно в верхнем мелу. Сюда относится начавшееся в триасе опускание средней части Атлантического океана, приобретшей уже в нижней юре геосинклинальные свойства.

Это опускание затронуло весьма несовершенно консолидированную зону развития герцинских складок, соединявших Америку с Европой. Таким образом, в этой области возобновилась та структура земной коры, которая существовала здесь и до герцинского орогенеза.

Второй областью погружения является пространство между Южной Америкой и Африкой. Начало раскола предполагаемой здесь Каледонской платформы приходится на верхний триас, что сопровождалось громадными излияниями базальтов в бассейне Параны. Нам совершенно неизвестно, как шел этот процесс в триасе, юре и нижнем мелу. Отчетливое проявление погружения обнаруживается, начиная с альбы, когда трансгрессия захватывает край Бразильской платформы и широко разливается по Африканской. Так как целым рядом фактов устанавливается, что широкое развитие трансгрессии синхронично с особо мощными погружениями геосинклиналей, то наличие крупнейшей верхнемеловой трансгрессии в Сахаре свидетельствует об очень интенсивном опускании геосинклинального типа в области южной части современного Атлантического океана. Нужно думать, что это погружение было не первоначальным, а явилось следствием более древних опусканий, начало которых, очевидно, датируется верхним триасом, когда началось постепенное раздробление и опускание предполагаемой нами Каледонской платформы. Процесс ее «разъединения» шел с юга и в альбе завершился возобновлением геосинклинального режима на всем пространстве между Южной Америкой и Африкой. Во всей этой области имело место возрождение того режима, который был здесь, по видимому, в нижнем палеозое и был прерван платформенным состоянием в течение верхнего палеозоя. Платформы-кратоны, видимо, этим погружением почти не были затронуты.

Погружение подобного же типа происходило к востоку от Африки; здесь также опускание началось в триасе, очень сильно проявилось в юре и особенно в верхнем мелу. Раннемезозойские опускания обозначались излиянием базальтов в Южной Африке, а верхнемеловые—грандиозными базальтовыми излияниями в Сомали, Аравии и в Индии. По видимому, с юры эта область приняла геосинклинальный характер, а особенно мощное ее опускание приходится на верхний мел, что сопровождалось трансгрессией в Аравии. Мы уже говорили, что это погружение, по всей вероятности, было связано с наличием здесь Каледонской платформы, хотя доказать это предположение не представляется пока возможным.

Наконец, следует упомянуть, что к верхнему мелу относится обрушение восточной части Верхоянско-Хинганской платформы и образование Восточно-Азиатской геосинклинали, а также опускание геосинклинали вдоль западных берегов Северной и Южной Америки.

Таким образом, тектоническая история мезозоя имеет весьма противоречивый характер: с одной стороны, создаются крупнейшие складчатые сооружения, а с другой—обширные геосинклинальные области; это, во-первых, увеличивает платформенные области земной коры—Лавразию, а во-вторых, нарушает целостность Гондваны в ее наиболее неустойчивых звеньях,—там, где она, по нашему представлению, заключала молодые платформы.

4. Альпийский орогенический цикл и современная структура

С легкой руки западноевропейских геологов было признано, что альпийские складки имеют на земном шаре чрезвычайно широкое распространение; это представление определялось тем, что в связи с особенностями строения Альпийской зоны Европы в альпийский цикл были включены все мезозойские фазы, начиная со среднего триаса. При таком положении дела все мощные мезозойские складчатые сооружения периферии Тихого океана и Атлантики оказались включенными в альпийские структуры. Исследования в Азии, Австралии и Америке показали всю неправильность перенесения европейских установок на другие области земного шара, где ход преобразования структуры земной коры происходил существенно по-другому.

Ограничивая альпийский цикл преимущественно кайнозоем, мы усматриваем, что распространение складчатых структур, созданных в течение этого цикла, оказывается значительно меньшим (карта V).

Альпийские складчатые сооружения, создававшиеся в неогене, занимают Альпийско-Гималайскую геосинклиналь, охватывая широким поясом южный край Лавразии. На этом протяжении альпийские складчатые системы располагаются весьма сложным образом, что связано с наличием остатков более древних складчатых сооружений, образующих внутри зоны альпийских складок срединные массивы. Следует отметить, что западная часть складчатой зоны построена существенно иначе по сравнению с восточной, к тому же она и создавалась несколько ранее—между миоценом и плиоценом, тогда как восточная часть ее запоздала в своем формировании—до конца плиоцена и даже до антропогенного времени.

Разница в структуре обеих частей складчатой зоны заключается в том, что в западной части, начиная с плиоцена, стали создаваться новые крупные опускания геосинклинального типа, тогда как в восточной части они отсутствуют: складчатое сооружение примыкает здесь к обеим платформам, его ограничивающим (Аравия, Индия).

Западное продолжение альпийских складок нам неизвестно. Очень широко распространено мнение, что они пересекают Атлантический океан, чтобы вновь появиться на островах Вест-Индии. Думается, что подобная установка неверна, так как, с одной стороны, трудно представить себе, что альпийские складки испытали чуть ли не в современную эпоху колоссальное погружение, а с другой—совершенно неправдоподобным является предположение о пересечении альпийскими складками мощного Атлантического складчатого сооружения. К тому же в рельефе дна океана подобное широтное направление альпид совершенно не отражается. Вернее, складки, обрезанные берегом океана, в Марокко уклоняются к юго-западу вдоль края Африканской платформы, где вскоре и затухают.

На востоке у южного побережья Бирмы альпийские складки погружаются и затем образуют частью погруженную, частью приподнятую зону складок, окаймляющую Индо-Китайскую платформу в виде громадной Индонезийской дуги, о которой мы уже имели случай говорить. Альпийские складки перекрывают здесь мезозойские. Они заворачивают потом к северу, испытывая сопротивление со стороны платформы Австралии и Новой Гвинеи. В этом районе проявились, повидимому, лишь предварительные фазы альпийской складчатости, и процесс складчатости далеко еще не привел здесь к окончательному формированию складчатого сооружения. Ту же картину можно наблюдать по всем гирляндам восточно-азиатских островов от Филиппин до Камчатки, а также на Сахалине.

Предварительную альпийскую складчатость можно видеть вдоль берегов Северной и Южной Америки, а также в Вест-Индии.

Таким образом, сформированное альпийское сооружение мы встречаем только на участке от Гибралтара до Бирмы, причем здесь в него входят такие районы, как Трансильванские Альпы, Балканы, Крым, Паропамиз и Гиндукуш, Каракорум, где складчатость закончилась уже между кануном юры и началом верхнего мела. В меридиональных поясах периферии Тихого океана альпийские движения проявили себя слабо и здесь складчатые зоны находятся еще в процессе своего формирования.

Перед нами встает интересный вопрос—создали ли где-нибудь альпийские движения платформенную структуру? Вопрос этот в геологии совершенно еще не разработан, а между тем решение его имеет громадное значение для понимания режима платформ в стадии их юности и характера движений земной коры при переходе геосинклинального режима в платформенный.

В Европе единственным районом, который может рассматриваться как находящийся в стадии формирования платформы, является Паннонская впадина (по Муратову, зачаток платформенной синеклизы), и, может быть, Балканский полуостров без Греции, где ядрами консолидации являются Родопский массив и мезозойские сооружения по обоим берегам нижнего Дуная.

В Передней Азии намечается переход в платформу Кавказа, Закавказья и Иранского сооружения, где создаются межгорные котловины, идут процессы раздробления, с которыми связаны антропогеновые базальты Армении.

Гималаи еще находятся в периоде роста, но дальнейший их переход в платформу не вызывает сомнения.

В результате альпийской складчатости, таким образом, создается платформа на юго-востоке Европы, в Иране и в Армении с Кавказом, благодаря чему происходит смыкание Лавразии с Африканско-Аравийской платформой. Это явление, очевидно, временное, так как близость геосинклинали Средиземного моря и Индийского океана, при наличии глубокого погружения Персидского залива, по всей вероятности, создает условия для нового геосинклинального прогиба в районе Южного Ирана, Месопотамии и Сирии. Это последнее возродит Тетис, но с резким уклоном его к югу, в связи с тем, что в результате складчатости Гималаев Индия присоединилась к Лавразии.

Альпийский орогенез сопровождался крупными поднятиями за пределами складчатых сооружений в областях, не прошедших предварительной геосинклинальной подготовки. Эти поднятия сопровождалось пассивной складчатостью в межгорных котловинах. Можно заметить, что мезозойские складчатые сооружения были частично разломаны, частично переработаны (Кордильеры, Анды), что сопровождалось грандиозными излияниями лав (Большой бассейн в Северной Америке). Палеозойские складчатые системы были очень высоко приподняты, тем более сильно, чем ближе они располагались к Альпийской складчатой зоне. Платформы-кратоны были приподняты выше уровня моря, а входящие в их состав щиты были также приподняты и частично раздроблены.

В альпийских движениях были крупнейшие погружения, которые обозначаются образованием глубоких провалов краевых морей Восточной Азии и крупными опусканиями в Индонезии. К ним же относится погружение геосинклинального пояса вдоль западного берега Америки и в Караибском море. Ко времени альпийского орогенеза относятся также крупнейшие опускания в Атлантическом и Индийском океанах, связан-

ные с развитием в них в особой форме геосинклинального режима. Несомненно, что сюда же относится и общее опускание дна Тихого океана. Все эти движения имели результатом различие в гипсометрическом положении материков с их резко развитым горным рельефом и океанов с их огромными абиссальными областями.

После альпийского орогенеза создалась современная структура земной коры, в которой можно различать: области с симатической корой (Тихий океан, восточная часть Индийского и Северный Ледовитый океан), геосинклинальные области Атлантического и Индийского океанов, а также периферии Тихого океана и зона геосинклинальных бассейнов юга Европы, Вест-Индии и Индонезии. Материки, естественно, имеют платформенную структуру, за исключением зоны альпийских складок. Так, на севере располагается Евразия, ограниченная с юга альпийскими складками с присоединившейся к ней Индией, Африка, а на юге сильно сокращенная Австралия. В Западном полушарии на севере находится платформа Северной Америки, а на юге платформы Южной Америки и Антарктиды.

Мы видим современную структуру земной коры в процессе развития; отдельные ее структурные области имеют перед собой еще длительный путь изменений, вероятно, долженствующих создать совсем иную картину структуры земной коры, не похожую на современную, как не сходна эта последняя с картиной строения литосферы для триаса или девона.

III. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В РАЗВИТИИ ЗЕМНОГО ШАРА

1. Основные теории развития земного лика

Многие крупнейшие геологи занимались вопросами строения земной коры и ее развития. Из соответствующих построений можно выделить те, которые выработались на базе контракционной теории, принимающей постепенное охлаждение земного шара и приспособление слишком просторной земной коры к сократившемуся объему ядра. Сюда относятся построения Зюсса, Кобера, Штилле и других контракционистов.

Вторая группа гипотез связана с идеей передвижения материков по базальтовому ложу. Наиболее в этом отношении известна гипотеза Вегенера; к ней примыкают ее сторонники—Арган и Дю-Тойт. Несколько в ином плане рассматривает движение материков Штауб, увязывающий их с теорией приливов и действием центробежной силы.

Совершенно особняком стоят гипотезы Грина, М. Леви, Фурмарье, усматривающих в земном шаре подобие кристалла и определяющих по современной структуре его грани. Эти чисто формалистические построения встречаются среди геологов очень мало сочувствия, в частности, в нашей стране не имеется ни одного последователя этих странных гипотез.

Выявляется также и то, что различные геологи строят свои гипотезы развития земной коры в зависимости от того, признают ли они особое положение Тихого океана или нет. Так, Зюсс, Ог, Штилле, Кобер стоят на точке зрения единства структуры земного шара; другие же, как Штауб, Вегенер, Арган, Букер, Коссмат, а у нас Архангельский, Шатский и др., признают необходимость выделения Тихого океана как особой структурной единицы земной коры, обладающей базальтовым, а не сиалическим основанием и, следовательно, не участвующей в тех тектонических движениях, которые свойственны сиалической литосфере.

В дальнейшем мы рассмотрим лишь основные концепции, касающиеся принципов развития земной коры, так как всех их чрезвычайно много и говорить обо всех совершенно невозможно, да и не нужно.

Прежде всего обратим внимание на труд Зюсса «Лик Земли». В этом замечательном сочинении, в котором собран колоссальный фактический материал по всему земному шару, следует различать две стороны: в этом труде имеется мастерское изложение региональной геотектоники, а затем теоретические воззрения Зюсса на развитие земной коры. Нас в данном случае интересует последнее. Зюсс был одним из апостолов контракционной теории в ее чистом виде. По его представлениям, земной шар сжимается от охлаждения, причем земная кора обрушивается, приспособляясь

к уменьшающемуся его объему. В связи с этим развитие земной коры определяется разломами и погружениями отдельных ее частей. По мнению Зюсса, поднятия связаны только со складчатостью, а вертикальные движения имеют исключительно только нисходящий характер, поднятия же никогда не имеют места. Даже такие разительные примеры, как система террас Норвегии и другие факты, свидетельствующие о крупных поднятиях обширных пространств земной поверхности, не убедили Зюсса в неправильности его построений. По его мнению, все материки разламываются и погружаются, пока все они не исчезнут под уровнем мирового океана. Явления трансгрессий объяснялись им общим подъемом уровня океана главным образом за счет накопления на его дне осадков.

В разделе региональной геотектоники Зюссу принадлежит ряд чрезвычайно ценных идей о связи между собой отдельных складчатых сооружений и о закономерности их расположения по поверхности земного шара. Зюсс осветил целый ряд вопросов, до него совершенно неразъясненных; его выводы произвели огромное впечатление на всех геологов.

Не менее убежденным контракционистом был Кобер; его установки всецело связаны с теорией непрерывного сжатия земного шара, благодаря чему он отрицал явления растяжения, но признавал не только опускания, но и поднятия земной коры. Кобер отрицает наличие гетерогенности земной коры, разделяет жизнь геосинклинали и орогенов, в которых формируются складчатые сооружения. По его мнению, геосинклинали закончили свое существование с альпийским орогенезом, и Земля вступила в новый этап своей истории—океанический. Кобер в своих высказываниях до предела схематичен и формалистичен, причем очень часто он не считается с фактами, а делает свои построения, исходя из ранее разработанных теорий. Несмотря на это, идеи Кобера в отношении закономерности расположения складчатых сооружений заслуживают внимания, хотя его представления об обязательной их симметричности не укладываются в рамки существующего фактического материала. Для Кобера всякое передвижение материков и земной оси совершенно неприемлемо, равно как и понятие об особом месте Тихого океана в структуре земной коры.

Иную картину мы видим у представителей второго течения—последователей Вегенера¹. Как известно, гипотеза последнего предусматривает единство материковых масс, имевших место до карбона (Пангея), после чего произошло отпłyвание сиалических материков по базальтовому ложу, открывшее тем самым симатическую поверхность. Эта гипотеза прекрасно объясняет целый ряд малопонятных геологических фактов, как, например, южное каменноугольное оледенение, единство гондванской фауны пресмыкающихся и распространение глоссоптериевой флоры и т. д. В связи с этим эта гипотеза пользуется большим вниманием у биогеографов и климатологов.

Геологические данные единодушно свидетельствуют против этой гипотезы. Так, Атлантический океан расположен не на базальтовом ложе, как это предусматривается Вегенером, а на сиалическом. Отделение Гренландии от Европы произошло в эоцене, а не в антропогеновое время. Тектонические структуры Африки и Южной Америки далеко не совпадают и т. д. Кроме того, по этой гипотезе совершенно непонятно, что же было до карбона, между тем историческая геология нас учит, что в нижнем палеозое картина была примерно та же, что и в верхнем палеозое.

¹ До Вегенера подобные идеи высказывал М. А. Боголепов (Ред.).

Наиболее существенным и неопровержимым доказательством ложности этой гипотезы являются современные данные о твердом состоянии глубинных оболочек земного шара, а также наличие глубокофокусных землетрясений; последние доказывают единство всей литосферы и невозможность отрыва сиалической оболочки от симатической, а также существование движений, уходящих вглубь не менее как на 1 000 км. Очень важны также соображения Шатского о зонах расположения глубокофокусных землетрясений, приуроченных к периферии Тихого океана и имеющих совершенно определенное место в структуре земной коры. Им же указывается, что эта гипотеза весьма мало уделяет внимания теории геосинклиналей, являющейся основным стержнем всей геологической науки.

Все вместе взятое заставляет нас признать, что гипотеза Вегенера и аналогичные ей гипотезы плавления материков не могут быть приняты за основу для понимания развития структуры земной коры.

Обращаясь к идеям русских и советских ученых, надо сказать, что только в последнее время они начали уделять внимание основным закономерностям строения земной коры (Архангельский, Белоусов, Шатский, Кропоткин и др.). Это объясняется тем, что на громадной территории нашей Родины геологам было достаточно дела по выявлению закономерностей ее строения, связанному непосредственно с практикой геологоразведочного дела.

Высказывания советских геологов по вопросам закономерностей развития земной коры основываются на диалектико-материалистическом понимании мира и поэтому сильно отличаются от искусственных, формалистических и дедуктивных схем зарубежных геологов.

В отличие от последних, которые весьма часто исходят из якобы имеющегося различия в развитии Северного и Южного полушарий, или Старого и Нового Света (или же переносят европейские стандарты на удаленные страны), советские геологи трактуют об едином историко-геологическом процессе развития земной коры и о дифференцированном подходе к стратиграфии и тектонике отдельных резко различающихся частей земного шара.

2. Основные закономерности развития структуры земной коры

Рассматривая тектоническую карту мира, можно видеть, что за пределами областей с базальтово-перидотитовым основанием имеется в Северном и Южном полушариях по четыре платформы-кратона. На севере—Северо-Американская, Русская, Сибирская и Китайская; на юге—Бразильская, Африканская, Индийская и Австралийская. Кроме того, в южном полушарии имеется еще одна платформа—Антарктическая.

Обе группы платформ-кратонов разделены широтным поясом Тетиса—одной из наиболее подвижных зон земного шара. Другие два подвижных пояса располагаются на крайнем западе и крайнем востоке сиалической литосферы, образуя обрамление впадин Тихого океана. Нужно думать, что такое расположение платформ-кратонов и поясов наибольшей подвижности не случайно, а представляет собой одну из наиболее резких черт строения земного шара; причина же этого явления пока для нас непонятна.

Если мы обратим внимание на локализацию складчатых систем в том или ином орогеническом цикле, то ясно увидим чередование во времени широтных и меридианальных простираний складчатых зон.

Правда, нам почти совершенно неизвестно расположение складок в карельском цикле. Данные по Америке, Русской платформе, Сибири и Африке говорят о меридианальных простираниях. Направление складок конца протерозоя нам пока остается неизвестным; можно сделать предположение, что здесь имели место широтные простирания.

Нижнепалеозойская складчатость, как мы уже видели, выражена по преимуществу меридианальными складчатыми поясами; широтные направления имеют совершенно второстепенный характер.

Складчатость верхнего палеозоя имела отчетливо выраженную широтную ориентировку, и только на Урале и в Австралии развиты направления меридианальные.

Мезозой характеризуется в высшей степени резко выраженной меридианальной складчатостью; проявления складчатости в широтных направлениях явно отходят на второй план.

Кайнозойская складчатость имеет широтный характер; в меридианальных поясах она имеет зачаточный характер, предвещая появление в будущем новых меридианальных складчатых поясов.

В данном изложении мы не касаемся вопросов происхождения складчатости и проблем связи ее с процессами развития всего земного шара в целом, что увело бы нас очень далеко от нашей прямой цели—дать картину структуры земной коры в региональном разрезе.

Однако все же следует обратить внимание на некоторые факты. Расположение широтных и меридианальных складчатых поясов подтверждает данные геофизики о постоянном положении земной оси, а следовательно, и об отсутствии заметного смещения полюсов. Это положение имеет исключительно важное значение для суждения о расположении климатических поясов в минувшие геологические периоды.

Второе положение, вытекающее из вышеустановленной закономерности в расположении складчатых поясов, состоит в представлении о том, что они являются зонами сжатия земной коры. Последнее не может иметь место, если не предположить наличия параллельных им зон растяжения, выражающихся в крупных разломах и опусканиях, компенсирующих указанное выше сжатие. Иначе говоря, параллельно формирующимся складчатым системам должны проходить зоны формирования геосинклинальных поясов, появление в которых основных интрузий красноречиво свидетельствует о происходивших процессах растяжения земной коры. Последнее совместно с сжатием ее составляет единый процесс формирования тектонических структур земного шара.

Перед нами стоит основной вопрос: в каком направлении идет развитие структуры земной коры? Обычное представление об этом приверженцев контракционной теории заключается в признании того обстоятельства, что платформы-кратоны обрастают последовательно складчатыми сооружениями, благодаря чему происходит разрастание платформы и увеличение, таким образом, площадей консолидации земной коры, что в дальнейшем должно привести к полному омертвлению земной коры.

Фактический материал, изложенный на предыдущих страницах, не позволяет признать правильность этой точки зрения. В самом деле, последовательного обрастания платформ складчатыми сооружениями не получается. Приведем некоторые примеры.

Северо-Американская платформа оконтурена с юга и востока герцинскими складками, примыкающими непосредственно к докембрийскому фундаменту платформы, с севера и северо-востока—каледонскими, а с запада—складками, возникшими в юре и в мелу и в значительной степени переработанными альпийскими движениями.

Русская платформа оконтурена с северо-запада каледонскими складками, с востока герцинскими, с юга альпийскими. Таким образом, и здесь молодые складчатые зоны примыкают непосредственно к фундаменту платформы.

К Сибирской платформе с запада примыкают герциниды, с юга каледониды, а с востока складки, созданные в нижнем мелу. Относительно южных платформ трудно составить себе определенное мнение, так как они почти целиком окружены океанами.

Приведенных примеров достаточно, чтобы признать, что к платформам примыкают складчатые сооружения различного возраста и последовательного обрастания древних платформ новейшими складчатыми зонами не происходит.

Складчатые сооружения в земной коре переходят в платформенное состояние, причем их можно разделить на три категории:

- 1) складчатые сооружения, превращенные в устойчивые платформы;
- 2) складчатые сооружения, превращенные в подвижные платформы;
- 3) складчатые сооружения, до сих пор не создавшие платформ.

К первой категории относятся древние платформы-кратоны, составляющие ядра современных материков. Эти платформы испытали в течение последующих геологических периодов лишь опускания типа синеклиз; местами их краевые части обрушены и вошли в состав соседних геосинклинальных поясов. Иногда на этих платформах мы имеем зачатки геосинклинальных структур, не дошедших, однако, до полного своего развития. Такова зона Скалистых гор и Вичита в Америке, Донецкий бассейн в Европе, опускания в Китайской платформе, прогиб Кундунгу в Африке и др.

Вторая категория складчатых сооружений создала в палеозое и мезозое подвижные платформы, испытавшие крупные поднятия и опускания, соединенные с разломами. Эти платформы либо проходят путь постепенной консолидации, приближаясь по своему характеру к предыдущему типу, либо под влиянием процессов растяжения в земной коре разламываются и превращаются в новые геосинклинальные области, возрождающие в общем те условия, которые имели место до складчатости, создавшей платформу.

Наконец, имеются такие складчатые сооружения, которые в течение всей земной истории не превратились в платформы, испытывая многократное возрождение геосинклинального режима (периферическая зона Тихого океана и пояс складок Тетиса).

На основании изложенных выше данных можно установить, что платформы-кратоны испытывали неоднократные прогибания, образуя синеклизы, но в редких случаях погружение фундамента, соединенное с его расколами, приводило к созданию прогибов, которые бы характеризовались существованием геосинклинального режима. Здесь образовывались опускания, по своему режиму скорее напоминающие предгорные прогибы, чем геосинклинали. Такие прогибы Шатский называет «поперечными краевыми прогибами»; появление их он связывает с существованием в краях платформ входящих углов, вызывающих при орогенезе в соседней геосинклинали поперечные расколы и опускания в теле платформы.

Иначе дело обстоит в области молодых платформ, в которых создаются расколы и опускания, приводящие к образованию новых геосинклинальных областей, являющихся наследниками тех, которые существовали в данной области до образования молодой платформы. Это приводит нас к признанию того факта, что новые геосинклинальные области либо

являются унаследованными по отношению к прежним образованиям этого рода и закончившимися складчатость в зонах наибольшей подвижности земной коры, либо развиваются в областях, занятых молодыми платформами. В платформах-кратонах истинные геосинклинали не образуются, а создаются особые структурные элементы большой подвижности, делающиеся ареной создания своеобразных тектонических структур.

Таким образом, развитие земной коры идет несколькими путями. Первый из них, свойственный наиболее подвижным ее зонам—периферии Тихого океана и Тетису,—характеризуется геосинклинальным режимом, прерываемым непродолжительными пароксизмами орогенеза. Образование молодых платформ здесь имеет место только в отдельных их участках, и еще ни разу в земной истории эти зоны не превращались целиком в платформы; эта судьба ожидает их, вероятно, в очень отдаленном будущем.

Второй путь развития литосферы приводит нас к образованию молодых платформ, существующих более или менее продолжительное время и испытывающих ряд крупных поднятий и опусканий. Развитие молодых платформ ведет либо к упрочению их структуры и к постепенной их консолидации, либо к образованию на их месте новых геосинклиналей, являющихся как бы возрожденными образованиями. Развитие здесь идет путем борьбы консолидации земной коры со стремлением к возврату в прежнее мобильное состояние.

Судьба молодых платформ—нарастание тенденций к консолидации и превращением их в дальнейшем в платформы-кратоны.

П л а т ф о р м ы-кратоны — наиболее консолидированные области земной коры—образовались в результате проявления интенсивного процесса метаморфизма археозоя и крайне значительной гранитизации, а также благодаря созданию складчатых сооружений протерозоя, которые также отличаются весьма резким метаморфизмом пород и наличием обширных интрузивных массивов. Все вместе взятое способствовало относительно очень ранней избирательной консолидации земной коры, распространившейся, очевидно, только на те ее части, где внедрения гранитных массивов были особенно значительны. В дальнейшем платформы-кратоны испытывали лишь явления разломов и прогибания. Их существование видно в течение всей земной истории. Они весьма часто соединяются друг с другом в результате образования молодых платформ, иногда же вновь разобщаются.

Рассматривая основной ход развития структуры земной коры, можно установить четыре стадии ее развития.

Первая стадия характеризуется общей мобильностью, когда вся сиалическая литосфера, вероятно занимавшая тогда меньшее пространство, чем ныне, представляла собой подобие безбрежной геосинклинальной области. Соответствующую стадию можно условно назвать—п а н г е о с и н к л и н а л ь н о й. Она характеризует археозой и, вероятно, эры, ему предшествовавшие (эозой и азой).

Вторая стадия отличается чрезвычайно широким развитием геосинклинального режима и малым распространением консолидированных участков. Сюда относится в первую очередь протерозой; может быть, можно включить в эту стадию и нижний палеозой. Ее можно назвать—п о л и г е о с и н к л и н а л ь н о й.

Верхний палеозой, мезозой и первая половина кайнозоя характеризуются существованием резко дифференцированных геосинклинальных областей и обширных платформ. Эту стадию назовем г е о с и н к л и н а л ь н о й.

Наконец, последняя стадия—это перерастание геосинклиналей в очень крупные элементы земной коры, занятые океанами. Эта стадия характеризуется резкой вертикальной дифференциацией рельефа и преобладанием крупных погружений. Это время океангеосинклинальное.

Нам, конечно, в высшей степени трудно наметить направление дальнейшего развития земной коры. Однако следует думать, что процессы консолидации земной коры будут захватывать все большие и большие площади и что развиваться они будут при все более значительной вертикальной дифференциации литосферы. Одновременно с этим будут сокращаться области, лишенные сиалической оболочки; последняя будет распространяться на все новые площади, пока, наконец, не исчезнут последние остатки космического состояния земного шара и вся земная кора не станет нацело сиалической и не будет подчиняться тем закономерностям развития, которые свойственны сиалю. Надо думать, что человечество живет не на последних этапах развития земного шара, а где-то на середине его жизненного пути—в такое время, когда происходит борьба стремлений к усилению подвижности литосферы с тенденцией к консолидации. Первое—это унаследованное качество с ранних моментов истории земной коры; второе—появление нового качества, которое в конечном счете должно победить и создать совершенно новую структуру земной коры, характер которой от нас остается скрытым за завесой времени.

ЛИТЕРАТУРА

I. Южная Америка

- Gerth H. Geologie Südamerikas, В., 1932—1941.
Steinmann G. Geologie von Peru. Handb. Reg. Geol., 1932.
Jaworski E. Beiträge zur Kenntnis des Jura in Südamerika, Neues Jahrbuch Beil., Band XXXVII, 1913.

II. Африка

- Krenkel E. Geologie Afrikas, В., 1925—1934.
DuToit. Geology of South Africa, Edinburg, 1939.
Furou R. Geologie de l'Afrique, P., 1950.
Геверс Т. Б. и Бэтс В. Додвайкские ледниковые периоды в Южной Африке, «Тр. XVII Межд. геол. конгресса», т. VI, М., 1937.
Бутаков Н. Двайкское оледенение и эпиглациальные отложения Экка в бассейне Конго, «Тр. XVII Межд. геол. конгресса» т. VI, М., 1937.
Reed. Geology of British Empire, L., 1947.

III. Индия

- Wadia. Geology of India, L., 1949.
Фокс Ц. С. Климаты Гондванского материка в течение Гондванской эры в Индийской области, «Тр. XVII Межд. геол. конгресса», т. VI, М., 1937.

IV. Австралия и Новая Зеландия

- David F. W. E. Geology of Australia, Ln., 1922.
Sussmilch C. A. Geology of New South Wales, Sydney, 1914.
Marshall P. New Zealand. Handb. Reg. Geol., VII. I 1911.
Reed. Geology of the British Empire, L., 1921.

V. Общая

- Архангельский А. Д. Геологическое строение и геологическая история СССР т. т. I и II, 1940—1947.
Мушкетов Д. И. Региональная геотектоника, 1935.
Страхов Н. М. Основы исторической геологии, М., 1948.
Мазарович А. Н. Основы геологии СССР, М., 1938.
Suess E. Das Antlitz der Erde, 1880—1911.
Haug E. Traité de Géologie, II, 1—2, P., 1907.
Kossmat F. Palaeogeographie und Tektonik, В., 1928.
Kober L. Der Bau der Erde, В., 1928.
Вегенер А. Происхождение материков и океанов, 1923.
Körppen und Wegener A. Die Klimate der Geologischen Vorzeit, Berlin, 1924.
Vischer K. The deformation of the Earth Crust, Princeton, 1933.
Ферсман А. Е. и Коган Б. И. Минеральное сырье зарубежных стран, М., 1947.

Редактор Г. П. Леонов
Тех. редактор Н. С. Орлова

* * *

Т 01614. Сл. в произв. 18/III-52. Подп.
в печ. 28/V-52. Печ. л. 12. Уч.-изд. л. 9,5.
4³/₈ бум. л. 70 × 108¹/₁₆. Тир. 5000. № 186.
Цена 4 р. 60 к.

Номинал по прейскуранту 1952 г.

* * *

16-я типография Главполиграфиздата
при Совете Министров СССР.
Москва, Трехпрудный пер., 9.
Заказ № 174.

ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
11		1. Бразильская плат- форма	11. Бразильская плат- форма
11	12 снизу	Минаес	Минас
17	15 сверху	Антарктанды	Антарктиды
17	16 сверху	Антарктанды	Антарктиды
81	19 сверху	Кермедек	Кермадек
101	подпись под рисунком		Пропущено: Справа— профиль через Альпы.
130	7 сверху	кануном	концом

282